GRUNDRISS DER PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN. MIT 192 FIGUREN IN HOLZSCHNITT

Carl von VIERORDT

GRUNDRISS

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

DR. KARL VIERORDT,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN.

ERSTE LIEFERUNG.

FRANKFURT A. M.
VERLAG VON MEIDINGER SOHN & COMP.
1860.

Der Schluss des Werkes, etwa 16–18 Bogen, erscheint zu Ostern 1860. Der vollständige Grundriss, 31–33 Bogen stark, mit ungefähr 150 schematischen Figuren in Holzschnitt, wird höchstens auf ca. 2 Thlr. pr. Crt. zu stehen kommen.

Die Verlagshandlung.

In unserem Verlage ist erschienen und in allen guten Buchhandlungen vorräthig:

Hartmann, Dr. Franz, Privatdocent, **Compendium der speciellen Pathologie und Therapie** für Studirende der Medicin.

Preis ca. 2 Thlr. 15 Sgr.

Das Werk ist zunächst für die Studirenden bestimmt, um als Leitfaden bei den Vorlesungen über specielle Pathologie und Therapie benutzt zu werden. Hiermit ist zugleich auch der wissenschaftliche Standpunkt bezeichnet, von welchem aus das Werk geschrieben ist. Es hält die Mitte zwischen einem reinen Compendium und einem Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie. Indem es Ersterem an [illegible] Kürze sich nähert, dringt es wiederum da, wo es das wissenschaftliche Interesse erfordert, tiefer, als man dies bei einem Compendium erwarten darf, in die verschiedenen Theorieen ein. Schon seines angegebenen nächsten Zweckes halber muss sich das Werk auf der jetzigen Höhe der Wissenschaft halten, ohne aber dabei irgend einer bestimmten Richtung anzugehören. Es gibt die nackten Thatsachen und die hierfür aufgestellten Erklärungen, es lässt aber dem Lehrer, die letzteren nach seiner Anschauung näher zu präcisiren. Das Hauptaugenmerk des Verfassers ist, dem Studirenden ein gedrängtes, aber deutliches Bild der bezüglichen Krankheiten vorzuführen; er hat da, wo es sich um wichtige differenciell-diagnostische Punkte handelt, kurze Wiederholungen nicht gescheut, um dem Anfänger das Bild so klar wie möglich zu geben. Alle bei der Diagnostik verwendbaren Hülfsmittel, Mikroskopie, physiologische Chemie etc. haben [illegible] nach dem jetzigen Stande dieser Disciplin ihre vollkommene Würdigung gefunden. Die pathologische Anatomie blieb selbstredend nicht zurück; da jedoch das Werk nicht gleichzeitig auch ein Compendium für patholog. Anatomie sein sollte, musste überall da, wo die Bearbeitung derselben über die Grenzen des Werkes ging, auf die speciellen Handbücher verwiesen werden. Der Verfasser nimmt ebenso auf den Studirenden wie auf den praktischen Arzt Rücksicht und bietet Beiden etwas Brauchbares, indem er in seinem Compendium die neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Pathologie und Therapie vorführt.

Leydig, Dr. Franz, Professor an der Universität zu Tübingen, **Lehrbuch der Histologie** des Menschen und der Thiere. Mit zahlreichen Holzschnitten. 8°. (XII. 551 S.) 1857.

geh. Preis 4 Thlr. 15 Sgr.

Die Bedeutung der Gewebelehre für den Arzt und Naturforscher wird gegenwärtig immer allgemeiner anerkannt und das Interesse an dieser verhältnissmässig sehr jugendlichen Doktrin nimmt von Tag zu Tag zu.

Bisher ist es jedoch strenger genommen nur die **Histologie des Menschen** gewesen, welche in vorzüglichen Hand- und Lehrbüchern systematisch behandelt wurde. Gleichwie aber bekanntermassen in der **vergleichenden Anatomie** öfters der Schlüssel **zum** Verständniss der complicirteren menschlichen Formverhältnisse und für die physiologische Erklärung mancher Organe gefunden wird, so wirft auch die Gewebelehre der **Thiere** ein Licht über manche dunkle und schwer **zugängig**e Partie der **menschlichen Histologie** und eröffnet neue Gesichtspunkte. Obschon nun allerdings die Handbücher über die Gewebelehre des Menschen einzelne vergleichende histologische Excurse machten, so hat doch bis jetzt ein Werk gefehlt, welches sich die Aufgabe gestellt hätte, **die menschliche und die thierische Gewebelehre zugleich als ein Ganzes aufzufassen.**

Der Herr Verfasser, welcher sich bisher seinen Fachgenossen durch eine Anzahl monographischer, meist in das Gebiet der vergleichenden Histologie einschlagender Arbeiten bekannt zu machen strebte, geht nunmehr an die Ausfüllung dieser Lücke in der Literatur, indem er obiges Lehrbuch der **menschlichen und thierischen Histologie** dem naturwissenschaftlichen Publicum vorlegt.

Lippert, Dr. med. H., prakt. Arzt in Hamburg, **die Pathologie und Therapie der Harnröhrenverengerungen.** Mit besonderer Berücksichtigung eines die innere Incision wesentlich erleichternden neuen Urethrotoms. Mit zwei Tafeln Steindruck. Preis 2 Thlr.

Der Verfasser, der durch seine Werke: „Pathologie und Therapie der venerischen Krankheiten" und „Die Prostitution in Hamburg" bereits rühmlich bekannt ist, beschäftigt sich in diesem neuen Werke mit einer überaus wichtigen Frage von praktischer Bedeutung. Die Harnröhrenverengerungen tödten, werden sie verkannt oder unregelmässig behandelt, zwar nicht plötzlich, aber desto sicherer schleichend. Sie zerstören oft die Blüte des Mannesalters oder bilden die Qual des reiferen Lebensalters. Viel Intelligenz und geistige Begabung ist ihnen bereits als Opfer gefallen — da sie unsere Gelehrten und Künstler mit einer gewissen Vorliebe heimsuchen, einerseits weil dieselben bei blennorrhoischer Infection in früheren Lebensjahren sich mehr vernachlässigen, andererseits weil ihre reizbare Constitution sie dazu besonders prädisponirt. — Die Behandlung der Stricturen der Urethra ist trotz der wissenschaftlichen Leistungen vieler auf dem Gebiete rühmlichst excellirender Specialisten, wie Syme, Thompson, Reybard, Ivanchich, Seydel, Scharlau etc., noch immer eine auffallend vernachlässigte sowohl im Betreff der Methode wie der manuellen Dexterität des behandelnden Arztes.

Dr. Lippert's Streben geht dahin, eine einfache, bestimmte, leicht festzustellenden Indicationen unterworfene und dabei möglichst gründlich heilende Behandlungsweise zum Gemeingut aller Aerzte zu machen. Dr. Lippert ist bekanntlich Specialist in der ärztlichen Behandlung der Geschlechtskrankheiten und als solcher allgemein geschätzt und geachtet unter seinen Collegen.

GRUNDRISS

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

DR. KARL VIERORDT,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN.

FRANKFURT A. M.

VERLAG VON MEIDINGER SOHN & COMP.

1860.

Druck von C. W. Leske in Darmstadt.

Vorwort.

In einer Wissenschaft, welche, wie die Physiologie, an Umfang und Verschiedenheit ihrer Aufgaben, sowie an Mannigfaltigkeit der Hülfsfächer von keiner anderen Naturwissenschaft übertroffen wird, ist es fast unvermeidlich, dass die Ansichten über die materielle und formelle Behandlungsweise der Disciplin auseinander gehen, und das um so mehr, wenn die Hülfsfächer selbst von dem Begabtesten heutzutag nicht mehr gleichmässig bewältigt werden können und, wie die mikroskopische und vergleichende Anatomie, die Entwickelungsgeschichte, die organische Chemie, die Physik und Mechanik, im regesten Fortschreiten begriffen, von Jahr zu Jahr eine Fülle neuer Probleme, neuer für uns unmittelbar verwerthungsfähiger Resultate und fruchtbarer, die physiologische Technik selbst erweiternder Untersuchungsmethoden bieten.

Wenn ich bemüht gewesen bin, den anerkannten Hauptrichtungen des physiologischen Studiums gerecht zu werden, so geschah das allerdings nicht mittelst, den Einzelabschnitten regelmässig vorangeschickter Einleitungen, in denen die für das Verständniss der physiologischen Lehrsätze unentbehrlichen Thatsachen der Anatomie, Chemie und Physik jedesmal eine gleichmässige Berücksichtigung gefunden hätten, ein Verfahren, wodurch zudem die Darstellung gar zu leicht Gefahr läuft, ihren eigentlichen physiologischen Character zu verlieren. Es wurden desshalb und in Berücksichtigung der ausschliesslich didaktischen Aufgabe dieses Buches, vorzugsweis diejenigen propädeutischen Sätze hervorgehoben, welche in den Lehrbüchern der Anatomie, Chemie und Physik nicht so schnell aus dem übrigen Zusammenhang herausgelesen oder zur richtigen und vollständigen physiologischen Verwendung gebracht werden können. Dass aber Letzteres ungleich häufiger sich wiederholt bei physikalisch-mechanischen Fragen, als bei den, dem Anfänger in der Regel viel bekannteren, anatomischen oder

chemischen, versteht sich, gegenüber der Natur jener Probleme, die oft nur im breiten, folgerichtigen Zusammenhang mit einer langen Reihe verwandter Thatsachen und Theoreme begriffen werden können, von selbst. Die Schwierigkeiten sind es aber, welche die grössere oder geringere Ausführlichkeit in den einzelnen Theilen eines Lehrbuches ganz vorzugsweise bestimmen müssen.

Damit bekenne ich zugleich, dass ich die Darstellung einer physiologischen Function nicht abhängig mache von dem, der Wissenschaft als solcher ganz fremden und vielfach auch der bloss subjektiven Schätzung unterliegenden Dignitätsgrade, welchen die Function für den Organismus hat. Das Sprechen, die Stimme, das Gehen, das Stehen (welch letzteres neue Untersuchungen nöthig machte), diese und andere Functionen, die als sog. „Fertigkeiten" nicht selten hinter anderen Capiteln bedeutend zurückstehen müssen, gehören nicht nur zu den für das erste Studium schwierigeren Theilen der Physiologie, sondern sie bieten auch eine gewisse relative Abrundung und Folgerichtigkeit ihrer Lehrsätze. Gerade dadurch werden sie, wie der Kreislauf, das Athmen, die Sinne, manche Theile der Muskel- und Nervenphysiologie und die morphologische Seite der Entwickelungsgeschichte, auch vom methodischen Standpunkt aus wichtig und für den Anfänger in hohem Grade bildend und fördernd.

Der Betrachtung der einzelnen Functionen, welche den hergebrachten Inhalt unserer Wissenschaft bildet, lasse ich schliesslich eine kurze Schilderung der wichtigsten physiologischen Körperzustände nachfolgen. Ich bin überzeugt, dass eine Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperkonstitutionen u. s. w., sowie der durch äussere atmosphärische Einflüsse und durch die Einzelfunctionirungen selbst (Verdauung, Bewegung u. s. w.) so vielfach modificirten Zustände des Gesammtorganismus, wenn dieselbe im Zusammenhang und als Ganzes gegeben wird, einem wissenschaftlich wie praktisch sehr wohl begründeten Bedürfniss entgegenkommt, welchem bisher — wie ich ohne Anmaassung behaupten darf — niemals in seinem vollen Umfang und nach seiner wahren Bedeutung entsprochen worden ist. Mögen Andere, namentlich auch physiologisch gebildete erfahrene Aerzte, das, was hier nur in kurzen Umrissen und anhangsweise erörtert werden kann, weiter ausführen und dadurch die so nahe verwandten Gebiete der Physiologie und der Medicin in immer fruchtbarere Wechselbeziehungen bringen.

Tübingen im December 1859.

Karl Vierordt.

I. Einleitung.

1. Aufgabe.

Die Physiologie betrachtet die Verrichtungen und Thätigkeiten der Organismen nach ihren äusseren Erscheinungsweisen und den denselben zu Grunde liegenden Gesetzen. Unsere Darstellung bezieht sich vorzugsweise auf die Physiologie des Menschen.

Diese Beschränkung der Aufgabe ergibt sich aus der Stellung, welche die Physiologie der practischen Medicin gegenüber einnimmt und in Zukunft in noch höherem Grade gewinnen wird. Indem sie nämlich eine der wichtigsten Grundlagen der Medicin überhaupt und das eigentliche Fundament des erklärenden, also des strengwissenschaftlichen Theiles der Medicin insbesondere darstellt, kann sie sich nicht bloss mit einer allgemeinen, mehr schematischen Betrachtung der thierischen Funktionen begnügen, sondern sie hat ganz besonders nachzuweisen, wie eben im menschlichen Organismus die speciellen Verrichtungen gestaltet sind.

Eine solche Einseitigkeit ist, ganz abgesehen von ihrer praktischen Berechtigung, schon desshalb nicht sehr fühlbar, weil von einer umfassenderen vergleichenden Darstellung, dieser höchsten und schönsten Aufgabe der Physiologie, gegenwärtig die Rede noch nicht sein kann. Das casuistische Studium der Variationen der Verrichtungen in verschiedenen Thieren, ja selbst die äussere Kenntniss völlig neuer Lebenserscheinungen in gewissen Thierklassen, sie führen aus dem Bereich des mehr descriptiven Standpunktes nicht hinaus. Wir werden übrigens selbstverständlich an den sehr wenigen Punkten, wo unser Wissen zu einem wahrhaft comparativ-physiologischen sich erhoben hat, wo nämlich die speciellen Erscheinungen sich mit Nothwendigkeit ableiten lassen aus allgemeinen, eine grössere Thierreihe beherrschenden Gesetzen, den betreffenden Lehrsätzen besondere Sorgfalt zu widmen haben.

2. Eintheilung.

I. Physiologie der Functionen. Diese betrachtet die einzelnen Verrichtungen des Organismus, sowohl an und für sich, als in ihren Wechselbeziehungen.

II. Physiologie der Körperzustände (specielle Physiologie). Gewisse Besonderheiten einzelner oder vieler Functionirungen unterscheiden die Individuen derselben Art von einander, sowie dasselbe Individuum zu verschiedenen Zeiten. Daraus ergiebt sich eine grosse Reihe specieller Körperzustände. Die Schilderung sehr vieler derselben: der Krankheitsprocesse nämlich und der Arzneiwirkungen, gehört anderweitigen Disciplinen an, während die specielle Physiologie die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus betrachtet.

Die zahlreichen Körperzustände, die der speciellen Pathologie anheimfallen, charakterisiren sich häufig durch auffallende anatomischen und functionellen Merkmale. Darin, sowie in ihrer unmittelbaren praktischen Wichtigkeit, liegt der Grund, wesshalb viele derselben, wenigstens nach ihren äusseren Erscheinungsweisen, genauer gekannt und besser umgrenzt sind als die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus. Die Aufstellung einer „speciellen Physiologie“ in unserem Sinn als ergänzendes Gegenstück der speciellen Pathologie ist ein unabweisbares Bedürfniss für die Medicin sowohl als für die Physiologie, deren Aufgabe mit der Betrachtung der Einzelfunktionen keineswegs erschöpft sein kann.

3. Verhältniss zur Pathologie.

Die einzelnen Lebensthätigkeiten verlaufen in gesunden Zuständen innerhalb gewisser Grenzen, welche wegen der, den Organismus treffenden, an bestimmte Intensitäten gebundenen äusseren Einflüsse und vermöge der, jeder Funktion von vornherein gegebenen Einrichtungen nicht überschritten werden. Unter Umständen aber treten die Funktionen heraus aus diesen Schranken; der Organismus ist jetzt gestört, er ist krank. Es haben Ursachen eingewirkt, durch welche ein oder mehrere Processe in ungewöhnlicher Weise verändert, gesteigert oder herabgesetzt und somit auch in ihren Wechselwirkungen mit andern Funktionen gestört wurden. Dabei treten aber keineswegs völlig neue, mit den gesunden Zuständen keine Analogieen bietende Processe auf; principielle Unterschiede der Lebensgesetze in gesunden und kranken Zuständen finden durchaus nicht statt, sondern es sind in Krankheiten nur gewisse Bedingungen verändert, unter denen diese Gesetze zur Wirksamkeit gelangen. Desshalb existiren die mannigfaltigsten und unmerklichsten Uebergänge zwischen den Funktionirungen des gesunden und kranken Lebens. Da in die Categorie der Gesundheit eine Menge der verschiedenartigsten Zustände des Gesammtorganismus fallen, was in ungleich weiterem Umfang von den Krankheiten gilt, so lässt sich auch nichts Gemeinsames und Unterscheidendes aussagen über die Natur und das Wesen der Vorgänge, die im normalen Organismus ablaufen im Gegensatz zu dem erkrankten. Alle Unterscheidungen, die von gewissen Standpunkten und Bedürfnissen aus geltend gemacht werden können, beziehen sich somit mehr oder weniger auf Aeusserlichkeiten.

Physiologie und Pathologie sind innig mit einander verbundene Fächer. Ein Fortschritt auf dem einen Gebiet bereichert in der Regel, unmittelbar oder mittelbar, auch das andere und wenn es physiologische Resultate gibt, denen kein Seitenstück gegenübersteht auf dem entsprechenden Felde der Pathologie, so verhält es sich, wenigstens was die empirischen Thatsachen betrifft, häufig auch umgekehrt. Die besten Aufschlüsse erhält man nicht selten, wenn man die Funktionen unter extremen Bedingungen studirt, und gerade solche finden häufig statt in krankhaften

Zuständen, in welchen zudem die Natur öfters in einer Weise experimentirt, wie es dem künstlichen Versuch geradezu unmöglich wäre. Einseitig ist somit die Definition der Physiologie als Lehre von den Körperfunctionen in **gesunden** Zuständen.

4. Untersuchungsobjecte.

1) Man sucht durch Combination physikalischer oder chemischer Hülfsmittel gewisse, im Organismus vorkommende Phaenomene künstlich nachzumachen.

Solche Combinationen bieten natürlich bloss allgemeine Analogien mit manchen organischen Vorgängen, immerhin aber gestatten diese, verhältnissmässig einfachen und willkürlich abzuändernden Anordnungsweisen werthvolle Rückschlüsse wenigstens auf die allgemeinen Bedingungen und Gesetzmässigkeiten vieler physiologischen Erscheinungen. So studirt man z B. gewisse Erscheinungen des Stoffwechsels an den viel einfacheren Vorgängen der physikalischen Endosmose; man konstruirt hydraulische Apparate zur Versinnlichung von Einzelerscheinungen des Blutlaufes u. s. w.

2) Man experimentirt an abgelösten Bestandtheilen des Organismus, vorausgesetzt, dass die Theile ihre wesentlichsten Lebenseigenschaften noch bewahrt haben.

Man untersucht z. B. die Wirkungen der einzelnen, dem Körper entnommenen Verdauungssäfte auf die Nährstoffe; man erforscht die Gesetze der Muskelthätigkeit an auspräparirten Muskeln u. s. w. Die Analogie mit den Vorgängen im unversehrten Körper ist hier viel grösser als im ersten Fall.

3) Man erforscht die Lebenserscheinungen an gesunden oder erkrankten Organismen selbst, entweder beobachtend oder experimentirend, indem man in letzterem Fall das Beobachtungsobject willkürlich, unter Umständen in eingreifender Weise (z. B. Vivisectionen) verändert. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Versuch keine Störungen setze, deren Folgen ganz unberechenbar sind, wie es in vielen fehlerhaft angelegten Versuchen der Fall ist.

Dass der Organismus selbst, wenn es irgend ausführbar ist, den Vorzug verdient vor den übrigen Versuchsobjecten, ist einleuchtend. Eine in neuerer Zeit mit Consequenz verfolgte Hauptaufgabe der Physiologie liegt darin, Mittel zu ersinnen, um die Functionen des **Menschen** in ihren feineren **Nüancirungen** untersuchen zu können. Sind diese Methoden leicht und schnell ausführbar, so können sie selbst Eingang finden im gewöhnlichen praktischen Leben.

5. Grade der physiologischen Erkenntniss.

1) Man kennt eine Erscheinung vorerst bloss an und für sich und nach ihren **Aeusserlichkeiten** (Descriptive Physiologie). Im günstigsten Fall gelingt es noch, den Intensitätswerth derselben messen zu können (Aufstellung der so wichtigen physiologischen Durchschnittswerthe und der Schwankungsgrenzen).

2) Man ermittelt von zweien, neben oder nach einander auftretenden Erscheinungen, dass sie sich gegenseitig verhalten wie **Ursache** und **Wirkung** und gewinnt damit die erste Stufe der Erklärung, ohne jedoch in allen Fällen schon befähigt zu sein, die eigentliche Wirkungsweise der Ursache erklären zu können. Unter Umständen lassen sich die Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung schärfer formuliren, wenn nämlich die Intensitätswerthe beider messbar sind. Man bemerkt dann, dass mit variabler Intensität der Ursache (Urvariabeln) die Grösse der Wirkung (Abhängigvariabeln) ebenfalls wechselt. (Empirisches physiologisches Gesetz.)

3) Man weist die Wirkungsweise der, eine Erscheinung bedingenden Ursache nach. Die Erklärung wird vollständig und nimmt eine strengere, unwiderlegliche Form an, wenn es, was bei der Complication der organischen Processe vorerst nur selten möglich ist, gelingt, aus der Grösse der Ursache die Grösse der Wirkung mit Sicherheit bestimmen zu können.

Der Athemprocess z. B. ist begleitet von einer Ausscheidung von Kohlensäuregas aus dem durch die Lungencapillaren fliessenden Blut in die Luft der Lungenbläschen. Diese Kohlensäuremenge wird bestimmt, man erhält die betreffenden physiologischen Durchschnitts- und Grenzwerthe.

Man bemerkt ferner, dass die Kohlensäure zunimmt mit wachsender Zahl der Athemzüge; man ist selbst im Stande, die Abhängigkeit der Kohlensäurewerthe von der Zahl der Athemzüge (resp. der Menge der in einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft) für einen speciellen Organismus nachweisen zu können. (Empirisches Gesetz.)

Endlich geht aus diesen Versuchen hervor, dass der procentige Kohlensäuregehalt der Lungenluft abnimmt mit zunehmender Zahl der Athemzüge. Darin liegt der Schlüssel zur Erklärung der Kohlensäureausscheidung überhaupt; man kommt zum Schluss, dass sie regulirt wird durch die Differenz der Spannungen der Kohlensäureatmosphäre der Lungenluft und der im Blut enthaltenen Kohlensäure. Der Vorgang ist somit zurückgeführt auf die speciellen physikalischen Bedingungen, welche demselben zu Grunde liegen, d. h. er ist physiologisch erklärt.

6. Das Organische im Gegensatz zu der übrigen Natur.

Obschon wir berechtigt sind, die Natur einzutheilen in eine unorganische und eine organische, so gelingt es doch nicht, den Begriff des Lebens genügend definiren und allgemein gültige, scharfe Unterschiede zwischen Lebendigem und Unlebendigem aufstellen zu können.

Die in den höchst entwickelten Organismen ablaufenden Thätigkeiten sind: 1) solche, welche die vollkommenste, innere und äussere Analogie bieten mit Phaenomenen der unorganischen Natur; 2) solche, welche principiell durchaus nicht verschieden sind vom unorganischen Geschehen, sondern bloss durch die mehr oder weniger eigenthümlichen und speciellen Bedingungen, unter denen sie in die Erscheinung treten, z. B. viele Vorgänge des organischen Stoffwechsels; endlich 3) solche, die, äusserlich wenigstens, gar keine Analogon haben mit Erscheinungen der übrigen Natur. Manche dieser letzteren Phaenomene lassen jedoch die Vorstellung recht wohl zu, dass sie das Resultat sein werden ausserordentlich complicirter, im Detail freilich gänzlich unbekannter physikalisch-chemischer Kräfte, z. B. die Zeugung der Organismen; während endlich andere, nämlich die seelischen Thätigkeiten, vollkommen isolirt und unvermittelt dastehen.

Daraus ergiebt sich von selbst, was von eigenthümlichen Lebenskräften zu halten sei, mit denen der Vitalismus früher besonders freigebig war. Erfahrung und Ueberlegung führen die Physiologie nicht minder wie die übrigen Naturwissenschaften zur Annahme der Unveränderlichkeit der Naturgesetze unter allen Umständen, so dass die in das engere Gebiet der Physiologie fallenden Erscheinungen nur betrachtet werden können als Wirkungen der unter ganz besonderen und eigenthümlichen Bedingungen in Wirksamkeit tretenden Naturkräfte. Gegenüber den psychischen Erscheinungen aber, welche nicht einmal

eine entfernte Analogie zeigen mit den Grundgesetzen der materiellen Welt und die wir somit bloss in ihren Aeusserlichkeiten auffassen können, begnügt sich die Wissenschaft mit dem offenen Bekenntniss, dass sie jeder Erklärung unzugänglich sind.

Alle Probleme der Physiologie im engeren Sinne sind in letzter Instanz physikalisch-chemischer Natur. Die Lebenserscheinungen sind demnach zunächst erklärt, wenn es gelingt. sie zurückzuführen auf ihre mechanischen oder chemischen Bedingungen. Als nicht minder wichtig und einer lebendigen Auffassung der Physiologie würdig tritt alsdann noch die Aufgabe hervor, die Bedeutung dieser physikalisch-chemischen Vorgänge für den Organismus selbst, möglichst allseitig zu erforschen, d. h. die so mannigfaltigen Verwerthungen physischer und chemischer Mittel für den organischen Haushalt kennen zu lernen. So sind z. B. die Einzelerscheinungen des Fliessens des Blutes in den Capillargefässen gut ableitbar aus mechanischen Bedingungen; die Aufgabe des Physiologen ist aber hier erst dann als erschöpft zu betrachten, wenn der Nachweis gelingt, welche Bedeutung diese Erscheinungen, z. B. das langsame Strömen, die Bildung einer blutkörperchenfreien Wandschicht u. s. w. für die übrigen Funktionen, z. B. die Ernährung, haben.

7. Vielseitigkeit der organischen Leistungen.

Jeder höher entwickelte Organismus bietet eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von Einzelleistungen. Dadurch unterscheidet er sich sehr wesentlich von den zusammengesetztesten und kunstvollsten Arbeitsmaschinen, welche, gegenüber dem wunderbaren Mechanismus des Thierleibes, höchst einfache und auf nur wenige Endzwecke gerichtete Vorrichtungen darstellen. Diese Vielseitigkeit findet sich aber auch wieder bei jeder organischen Einzelleistung, so dass jede, auf den ersten Blick bloss für einen bestimmten Effect geschaffene Einrichtung eine Reihe von Nebeneffecten setzt, welche dem gesammten Organisationsplan zu gut kommen.

Indem die physiologischen Phaenomene ausgezeichnet sind durch ihre oftmals ganz ausserordentlichen Verwickelungen und jeder, selbst der einfachste Vorgang in letzter Instanz abhängt von einer Mehrheit oder Vielheit von Bedingungen, während er wiederum eine Vielheit von Wirkungen setzt; so müssen der physiologischen Forschung ungleich grössere Hindernisse entgegentreten, als es der Fall ist in den übrigen erklärenden Naturwissenschaften. Diese Vielgestaltigkeit der physiologischen Phaenomene ist aber auch in hohem Grade geeignet, jedem einzelnen Abschnitt der Physiologie einen eigenthümlichen Reiz der Neuheit und Originalität zu verleihen und das Studium zu einem der interessantesten im Gesammtgebiet des Naturwissens zu machen.

Auf der andern Seite gewährt gerade die Vielheit der organischen Einzelleistungen, sowie das Ineinandergreifen derselben, manche Erleichterungen für die Forschung, so dass eine physiologische Thatsache selten vereinzelt dasteht, sondern sogleich verwerthbar wird für anderweitige Probleme. Wir besitzen somit ein schätzbares Mittel, Vorgänge, die sich der unmittelbaren Beobachtung entziehen, indirect, d. h. in ihren Wirkungen, untersuchen zu können. So waren z. B. mehrere indirecten Beweise für eine grosse Geschwindigkeit des Blutlaufes längst vorhanden, ehe dieselbe durch den unmittelbaren Versuch ermittelt worden ist. Die Physiologie des Menschen, welcher alle in den Organismus stark eingreifenden Untersuchungsmethoden versagt sind, wird sich diese

Verhältnisse um so mehr zu Nutzen machen, je erschöpfender die gegenseitige Abhängigkeit der Erscheinungen erkannt sein wird.

In der gegenseitigen Bestimmbarkeit der organischen Phänomene und in der, an jede Einzelerscheinung gebundenen Vielseitigkeit der Wirkungen, liegt übrigens durchaus nichts Unterscheidendes zwischen dem Organischen und dem Unlebendigen. Wir finden in dem letzteren dieselben Verhältnisse wieder, nur mit dem für die Forschung sehr erheblichen Unterschiede, dass der Zusammenhang der organischen Einzelthätigkeiten der Beobachtung häufig näher liegt, weil dieselben im Thierleibe in unmittelbarere Verbindung mit einander gebracht sind, während die Forschung sehr bald den Faden verliert, wenn es sich handelt um die Verfolgung der Wirkung einer gegebenen Ursache in dem Gesammthaushalt der Natur, der ein unendlich komplicirteres Ganze darstellt als die kleine Welt von Erscheinungen, die in einem Organismus vereinigt sind. Ein nicht unerheblicher formeller Unterschied zwischen dem Organismus und dem Unlebendigen würde somit darin gegeben sein, dass die in dem ersteren ablaufenden Thätigkeiten zu einer geschlossenen Phänomenengruppe verbunden sind. Der Organismus stellt demnach, trotz der Vielseitigkeit seiner Leistungen im kleinen Raume, eine Vereinigung einer bestimmten und relativ beschränkten Zahl von Kräften und Erscheinungen dar.

8. Veränderlichkeit der Körperzustände.

Mit der Mannigfaltigkeit der organischen Leistungen hängt unmittelbar zusammen eine überraschende Veränderlichkeit des Organismus im Ganzen und in seinen einzelnen Verrichtungen. Die Massen, welche den Körper constituiren, geben physikalischen wie chemischen Anstössen leicht nach, vermöge ihrer labilen physikalischen Anordnungsweisen und der geringen Affinitäten, welche die näheren Bestandtheile vieler organisch-chemischen Verbindungen gegen einander äussern.

Eine und dieselbe Grösse einer physiologischen Leistung kann ermöglicht werden durch wechselnde Intensitäten ihrer einzelnen Ursachen. Bei abnehmender Grösse einer oder mehrerer Ursachen können nämlich eine zweite oder mehrere anderweitige Ursachen mit erhöhter Stärke eingreifen, so dass für die Endleistung der frühere Intensitätswerth gesichert bleibt. Jede Function bietet Beispiele dieses, im Organismus in unendlich höherem Grade als in künstlichen Apparaten realisirten, dem Organismus in hohem Grade zu gut kommenden Compensationsvermögens dar. So ist, um nur ein einfaches Beispiel anzuführen, dasselbe Volum Einathmungsluft ermöglicht, durch die mannigfaltigsten Combinationen der Dauern und der Tiefen der einzelnen Athemzüge.

9. Gliederung der organischen Funktionen.

Diese zerfallen in zwei Hauptgruppen:

1) Erscheinungen des Ortswechsels der organischen Materie und des Stoffumsatzes (sogenannte vegetativen Verrichtungen). Charakteristisch für das Leben ist die Bewegung, der Umtrieb der Bestandtheile des Körpers. Diese Bewegungen sind entweder reine Ortsbewegungen (abhängig von Schwerewirkungen, oder von bloss in die Nähe wirkenden Molecularkräften). Ein Molekel wird, ohne seine chemische Constitution zu ändern, nach und nach integrirender Bestandtheil verschiedener Körpertheile und ist dadurch befähigt, die verschiedensten Leistungen mit bedingen zu helfen. Oder sie bestehen zu-

gleich in chemischer Umbildung, indem ein chemischer Bestandtheil eine Reihe von Umsetzungen eingeht.

Die wichtigsten der hierher gehörigen Einzelverrichtungen sind: Verdauung, Aufsaugung, Chylus- und Blutbildung, Blutumlauf, Ernährung der Organe, Lymphbildung, Athmen, Hautausscheidungen, Harnbildung, thierische Wärme und endlich die generativen Funktionen.

2) Thätigkeiten des Nerven- und Muskelsystems (animale Funktionen; charakteristisch für das Thier gegenüber der Pflanze). Darunter begreift man die Muskelthätigkeiten, Sinnesempfindungen, die Wahrnehmungen eigener Körperzustände, die direkten Einflüsse des Nervensystems auf die vegetativen Processe und endlich die psychischen Thätigkeiten.

Da aber die Leistungen der Nerven und Muskeln vielfach eingreifen in die vegetativen Thätigkeiten, so ist die Betrachtung der Funktionen in obiger Reihenfolge für den Anfänger nicht zweckmässig; wir schlagen somit folgende Ordnung ein:

1) Physiologische Grundfunktionen, d. h. diejenigen, deren Kenntniss bei den Einzelfunktionen gefordert werden muss, da sie in jede oder doch eine Anzahl der letzteren mehr oder minder eingreifen. Wir haben demnach vorauszuschicken: das Blut, die Grunderscheinungen des Stoffwechsels, die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie, die thierische Electricität und die allmeine Mechanik der Skelettbewegungen.

2) Die Specialfunktionen. Diese stellen zusammengesetzte Phaenomeneneinheiten dar, welche, insofern sie bestimmte und eigenthümliche Endleistungen setzen, zunächst als abgesonderte Glieder des Ganzen aufgefasst werden können und bis zu einem gewissen Grade einer isolirten Betrachtung fähig sind.

Physiologie der Grundfunctionen.

II. Blut.

10. Organisation.

Das Blut, welches sich in beständigem Kreislauf in einem, in sich geschlossenen, vielverzweigten Röhrensystem bewegt, besteht aus der farblosen oder schwach gelblich gefärbten Blutflüssigkeit (Plasma) und den in dieser schwimmenden, von Malpighi entdeckten Blutkörperchen. Letztere stellen bei den Wirbelthieren entweder kreisrunde Scheiben mit schwacher Vertiefung in der Mitte jeder der beiden Scheibenflächen dar (Säugethiere), oder sie sind elliptisch (übrige Wirbelthierklassen). Man unterscheidet eine sehr zarte, zur Endosmose in hohem Grad befähigte, glatte Hüllmembran und einen etwas zähflüssigen, homogenen, röthlichen Inhalt, sowie auch bei den elliptischen einen distinkten Kern. Der grosse Durchmesser des menschlichen Blutkörperchens beträgt im Mittel $^1/_{132}$ Millimeter, der kleine ist etwa $3\,^1/_2$ mal kleiner. Neben den gefärbten enthält das Blut noch einzelne, den Lymphkügelchen vollkommen gleichende, farblose Körperchen (J. Müller); von kugeliger Form, granulirt auf ihrer Oberfläche und weniger zur Endosmose geneigt, also mit trägerem Stoffwechsel begabt als die farbigen Körperchen.

Die Kleinheit der Körperchen (die elliptischen, namentlich die der Amphibien, sind viel grösser als die der Säugethiere) ermöglicht die endosmotischen Wechselwirkungen derselben mit den Bestandtheilen des Plasma's in hohem Grade. Namentlich bietet die biconcave Scheibenform eine grosse Oberfläche im Verhältniss zum Rauminhalt.

11. Menge der Körperchen.

Auf etwa 350 farbige kommt ein farbloses Körperchen (Moleschott); im Milzvenenblut jedoch finden sich letztere in sehr grosser Menge. Die Körperchen

sind selbst in einem winzigen Bluttröpfchen zahllos; die absolute Menge derselben in einem gegebenen Blutvolum kann jedoch bestimmt werden (Vierordt), wenn man 1) ein verdünntes minimstes Blutvolum scharf abmisst, so dass das Zählen wenig Mühe fordert und 2) ein Präparat herstellt, in welchem die Körperchen, gut erhalten, genau gezählt werden können. 1 Kubikmillimeter Menschenblut hält sehr nahezu 5 Millionen Blutkörperchen (also etwa 14000 farblose). Die Zahlen variiren übrigens in hohem Grade bei gesunden Thieren derselben Art, wie auch Nasse und Stöltzing fanden. Kaninchen 2700000 bis fast 6 Millionen, Hund 4090000 bis 5460000; Murmelthier zu Anfang des Winterschlafes 5800000, zu Ende 2300000.

Zuerst wird ein abgemessenes Blutvolum mittelst eines abgemessenen Menstruums (schwache Lösung von Zucker und etwas Kochsalz) verdünnt und in letzterem durch Umrühren gleichmässig vertheilt. Dann lässt man in eine feine Capillare, Figur 1, eine minime Menge der Mischung aufsteigen und bestimmt unter dem Mikroskop die Länge der Flüssigkeitssäule ($a - a^1$) der Capillare. Daraus, sowie aus dem Lumen der Capillare ergibt sich das Volum der Mischung und aus der bekannten Verdünnung (etwa 1000) das Volum des reinen Blutes. Der Inhalt der Capillare wird hierauf entleert auf ein Glasplättchen, mittelst einer Nadelspitze mit einem Minimum Gummilösung vermischt und in Form eines länglichen Streifens ausgezogen, welcher sogleich erstarrt und die Blutkörperchen, wie eine Sternkarte enthält. Das Präparat wird mit einem, in viele Quadrate getheilten Glasmikrometer bedeckt und dann die Blutkörperchen der einzelnen Quadrate, Figur 2, der Reihe nach gezählt. Zu einer Bestimmung genügt ein Blutvolum von etwa 0,0005—0,0008 Kub. Millimet. sodass blos etwa 2000—3000 Körperchen gezählt werden müssen. Controllzählungen, indem dasselbe Blut in verschiedener Weise verdünnt, oder Capillaren von verschiedenen Durchmessern angewandt, oder endlich selbst reines Blut in die Capillare aufgesaugt wurde, zeigten, dass die Fehler meistens blos 2—3%, selten bis 5% betragen.



Fig. 1.

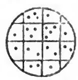


Fig. 2.

12. Chemische Bestandtheile.

Das Blut ist der concentrirteste Saft des Körpers; das specifische Gewicht des gesunden Menschenblutes beträgt im Mittel 1055, die normalen Schwankungen liegen zwischen 1045—1060.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes des so eben aus der Ader gelassenen Blutes ist aus verschiedenen Gründen nicht gut möglich. Zweckmässig ist die vollständige Vermischung des aus der Ader laufenden Blutes mit einem abgemessenen Volum einer Salzlösung von bekanntem specifischen Gewicht. Dadurch wird die Gerinnung verhütet und eine genaue Temperaturbestimmung möglich. Das Volum des Blutes wird durch den Zusatz der Salzlösung nicht geändert.

Keine Flüssigkeit des Organismus enthält so zahlreiche Einzelbestandtheile von verschiedener physiologischer Dignität, wie das Blut. Man unterscheidet 1) das Wasser, als allgemeines Menstruum und als Constituens der Blutkörperchen; 2) Stoffe, die dem Blute eigenthümlich sind, z. B. das Haematin; 3) Stoffe, die zur Ernährung der Gewebe dienen, z. B. das Eiweiss; 4) Ausscheidungsstoffe, die gebildet werden in den Organen oder in der Blutmasse selbst, um in bestimmten Ausscheidungsorganen entfernt zu werden; 5) Zufällige Bestandtheile, z. B. von Medicamenten; diese behaupten sich eine Zeit lang im Organismus, um endlich verändert oder unverändert wieder ausgestossen zu werden.

Das arterielle Blut ist gleich zusammengesetzt in allen Arterien; in den

Capillaren tritt das Blut in Wechselwirkungen mit den Organen, die nicht dieselben sind in den einzelnen Körperstellen, so dass das zurückfliessende Venenblut in den verschiedenen Venen nicht genau gleiche Beschaffenheit haben kann. Diese Verschiedenheiten sind aber desshalb nicht sehr gross und nur theilweis der Analyse zugänglich, weil die Blutmasse, die in einer gegebenen Zeit einem Organ zuströmt, ausserordentlich grösser ist als die Massen, die das Blut an das Organ abgiebt und von demselben aufnimmt. Es strömen z. B. wohl 700 Pfunde Blut in 24 Stunden durch die Nieren, während bloss 2—3 Pfunde Harn gebildet werden.

Die chemischen Bestandtheile des Blutes zerfallen in 1) Eiweisskörper (Eiweiss, Käsestoff (?), Faserstoff, Globulin und die Grundlage der Blutkörperchenhüllen); 2) Farbstoffe, 3) Fette, 4) Extractivstoffe, 5) Gase, 6) Anorganische Salze, 7) Wasser.

13. Faserstoff.

Dieser, nur dem Plasma angehörende Bestandtheil ist ausgezeichnet durch seine spontane Abscheidung aus dem Blut, wenn es aus der Ader gelassen wird. Dieser Process der Gerinnung erfolgt in 3 Stadien: 1) Zunächst bildet sich ein Häutchen auf der Oberfläche des Blutes und da, wo letzteres die Gefässwände berührt (2—6 Minuten nach dem Lassen). 2) Das ganze Blut erstarrt, wenige Minuten später, zu einer weichen Gallerte, welche 3) etwa eine Stunde nach dem Lassen aus der Ader, sich zusammenzuziehen und fester zu werden beginnt, unter allmäliger Austreibung einer Flüssigkeit. Dieses Stadium dauert 6—12, in einzelnen Fällen sogar 36 und mehr Stunden.

Das Blut ist jetzt geschieden in den Blutkuchen und das farblose oder schwach gelbliche Blutwasser (Serum) von schwach alkalischer Reaction und einem specifischen Gewicht von 1028 (1025—1030). Das Serum ist nichts anderes als Blutplasma minus Faserstoff.

Man kann die Blutkuchenbildung verhüten durch Umrühren des frischen Blutes mit einem Stab. An diesen legt sich ein zäher rother Klumpen an, der aus niedergeschlagenem Faserstoff und Blutkörperchen besteht, während das flüssige (defibrinirte) Blut ein blutkörperchenhaltendes Serum darstellt. Die Körperchen senken sich in letzterem, beim längern ruhigen Stehenlassen, ein wenig; viel stärker aber, wenn das Blut der Wirkung der Centrifugalkraft ausgesetzt wird. Man erhält dann eine blutkörperchenfreie, farblose Schicht, von dem gleichen specifischen Gewicht und Wassergehalt wie das von demselben Blut durch Gerinnung ausgepresste Serum. Der sich zusammenziehende Blutkuchen treibt somit nicht, wie man wohl vermuthen könnte, Bestandtheile der Blutkörperchen aus.

Der intensiv rothe Blutkuchen (Placenta) besteht 1) aus zahllosen, vielfach sich durchkreuzenden feinen, cylindrischen Faserstofffäden, in deren Zwischenräumen 2) die Blutkörperchen vertheilt sind und 3) aus einem, in verschiedenen Placenten sehr wechselnden Antheil nicht ausgepressten Serums.

Die Gerinnung ist die Folge der Praecipitation eines Eiweisskörpers, den das circulirende Blut aufgelöst enthält. Von diesem Körper kennt man nur den Zustand als „geronnenen Faserstoff“, nicht aber dessen lösliche Modificationen, noch die Ursachen seiner Lösung im lebenden Blut.

Gewisse Einflüsse begünstigen den Process, z. B. Sauerstoffzutritt oder

Athmen der Thiere in einer reinen Sauerstoffatmosphäre; während Athmungshemmungen oder Erstickungstod, wenn sie langsam erfolgen, die Gerinnung, nach Nasse, verzögern. Das Blut gerinnt übrigens auch im Vacuum der Luftpumpe oder, wenn es geschützt vor Luftzutritt, aus der Ader gelassen wird. Der Sauerstoff, oder richtiger das Hinzutreten von weiterem Sauerstoff zum Blut, ist somit keine wesentliche Bedingung der Gerinnung. Dasselbe gilt von einer Anzahl anderer Momente, die man als wesentliche hervorgehoben hat, z. B. Ruhe oder Abkühlung des Blutes. Verzögert oder gänzlich verhindert wird andererseits die Erscheinung durch viele Zusätze zum Blut, z. B. die Salze der Alkalien in gehörigen Mengen; alles aber Verhältnisse, aus denen zur Erklärung der Lösung des Faserstoffes im lebenden Blut sich nichts folgern lässt. Mit Sicherheit kann bloss behauptet werden, dass das Blut beim Gerinnen weder etwas aufnimmt, noch Bestandtheile abgiebt. Die speciellen Stoffwechselvorgänge aber, welche im lebenden Blute die Gerinnung verhindern, sind unbekannt; im Allgemeinen scheint eine grössere Intensität des Stoffwechsels das Blut zu schnellerer Gerinnung zu veranlassen.

Hewson bewies zuerst, dass das coagulirende Princip in dem Blutplasma enthalten ist. Er versetzte frisches Blut mit einer Salzlösung, wodurch die Gerinnung verhütet wurde. Nachdem die Körperchen sich etwas gesenkt hatten, wurde die farblose obere Schicht abgenommen und mit Wasser versetzt, worauf ein farbloses Gerinnsel sich bildete. Auch zu diesem Versuche ist die Centrifugalmaschine sehr empfehlenswerth.

14. Sonstige Eiweisskörper.

Das Eiweiss kommt ganz vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, in den Plasma vor und zwar, als freies Albumen, zum grössten Theil aber verbunden mit Alkalien (Natronalbuminat). Letzteres ist in Wasser viel löslicher, während das freie Eiweiss beim Erhitzen des Serums nicht vollständig niedergeschlagen wird, sondern erst, wenn man das alkalische Serum mit Essigsäure neutralisirt und dadurch dem Eiweiss einen Theil des Alkali entrissen hat.

Das Vorkommen kleiner Mengen von Käsestoff unter gewissen Umständen (z. B. im Plasma Schwangerer und Säugender, nach Panum) ist strittig. Meistens wird das sogenannte Blutcasein betrachtet als Eiweiss von geringerem Natrongehalt.

Globulin, die Eiweissubstanz der Blutkörperchen.

15. Blutfarbestoff (Haematin).

Derselbe bedingt die Färbung der Blutkörperchen. Man unterscheidet 1) die Intensität des Roth. Diese nimmt, gleichen Hämatingehalt der Körperchen vorausgesetzt, mit dem Reichthum des Blutes an Körperchen zu. Es gibt übrigens blutkörperchenreiches und zugleich blässeres Blut; die Stärke des Roth und die Körperchenzahlen zeigen also keinen durchgreifenden Zusammenhang.

2) Die Nuance des Roth. Das arterielle Blut ist hell-, das venöse dunkelroth; in dünnen Schichten ist ersteres nach Brücke gelbroth, letzteres purpurroth. Diese Unterschiede hängen von der Respiration ab, das Blut wird

in den Lungen hellroth unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure; in den Capillaren der Körperblutbahn dagegen dunkelroth unter Abgabe von Sauerstoff und Aufnahme von Kohlensäure. Diese Farbenwechsel können durch abwechselndes Schütteln des geschlagenen Blutes mit Kohlensäure und Sauerstoff nachgeahmt werden. Aehnliche Erscheinungen bieten Hämatinlösungen; die Verbindungen des Sauerstoffs mit dem Hämatin sind jedoch unbekannt. Die Blutfarbe wird, nach Marchand, beim Athmen direkt nur alterirt durch die Einwirkung des Sauerstoffs auf das Hämatin, wogegen die Kohlensäure nur wie jeder andere, den Sauerstoff verdrängende Einfluss wirkt. Das hellrothe Blut wird in der That dunkel im Vacuum der Luftpumpe, durch Sauerstoffabgabe; das dunkle Blut dagegen wird durch Austreibung der Kohlensäure nicht hell.

Ausserdem kann die Blutfarbe künstlich modificirt werden durch eine Menge Zusätze zum Blut. Viele Zusätze, welche den Körperchen Wasser entziehen und dieselben zackig machen, färben das Blut hellzinnoberroth beim auffallenden Licht (z. B. Lösungen neutraler Alkalisalze), andere, welche das Blut wässriger machen und die Körperchen aufblähen, (z. B. Wasser oder schwache Salzlösungen) geben dem Blut beim auffallenden Licht eine dunkelrothe Farbe.

Funke entdeckte die Eigenschaft des aus der Ader gelassenen Blutes, unter Umständen röthliche Krystalle zu bilden, beim Menschen und vielen Thieren in Form feiner prismatischer Nadeln oder rhombischer Tafeln. Nach Lehmann geben 100 Theile Blut 9—12 Theile Krystalle, deren Hauptbestandtheile ein dem Globulin verwandter Eiweisskörper und ein Farbestoff, eine Analogon des Hämatin bilden. Aus Serum lassen sich die Krystalle nicht darstellen.

16. Fette und Extractivstoffe.

Man unterscheidet 1) neutrale Fette (Margarin und Elain); 2) verseifte Fette (margarin- und elainsaure Alkalien) und 3) sogenannte Lipoide, unter denen das Cholesterin hervorzuheben ist. Nach reichlicher Fettnahrung kann das Serum weisslich getrübt sein durch feine Fetttröpfchen; krankhafter Weise, bei gewissen Leberleiden, im höchstem Grade bei fetten gestopften Gänsen, findet eine solche Zunahme dieser Fetttröpfchen, mit bedeutender Abnahme der farbigen und Vermehrung der farblosen Blutkörperchen statt, dass das Serum trüblichweiss, ja selbst das Blut röthlichweiss erscheint.

Extractivstoffe. Hieher gehören sehr verschiedenartige organische Verbindungen, meistens in sehr kleiner, jedoch mehr oder weniger veränderlicher Menge, von verschiedener physiologischer Bedeutung. Vorzugsweise sind zu nennen: Kreatin und Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure; Traubenzucker; minime Mengen flüchtiger Säuren aus der Gruppe der Ameisensäure (Ameisensäure, Essigsäure, Capronsäure u. s. w. gebunden an Alkalien). Diese Säuren entwickeln sich aus dem Blute namentlich nach Schwefelsäurezusatz (Barruel). Sie sind theilweis Ursache des Blutgeruchs, der namentlich kräftigen Individuen männlichen Geschlechts und zur Zeit der Geschlechtsreife eigenthümlich ist.

17. Anorganische Bestandtheile.

1) Wasser, als allgemeines Menstruum des Stoffwechsels im Blut; 2) Gase (s. 32), 3) anorganische Salze mit den Basen Kali, Natron, kleinen Mengen Kalkerde und Magnesia; den Säuren: Chlor, Kohlensäure, Phosphorsäure und

Schwefelsäure. Das Chlornatrium beträgt über die Hälfte aller Blutsalze. Erhebliche Mengen Alkali sind namentlich an Eiweiss gebunden.

18. Chemische Constitution des Gesammtblutes.

1000 Theile Menschenblut enthalten

	Wasser . . .	785
sogen. trockene Blutkörperchen	Haematin . .	8
	Globulin . . .	120
	Eiweiss . . .	70
	Faserstoff . .	$2^1/_2$
	Fette	$2^1/_2$
	Extractivstoffe .	4
	Mineralsubstanzen	8

19. Constitution der Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit.

Die herkömmliche Blutanalyse bezieht sich auf das Gesammtblut, womit aber dem Bedürfniss der Physiologie nicht genügt ist. Das Serum repräsentirt mit Einrechnung des Faserstoffs, das Blutplasma genau. 1000 Theile Serum enthalten:

Wasser	905
Eiweiss	80
Fette	2
Extractivstoffe . . .	4
Mineralsubstanzen .	9

Dazu wären noch etwa 3—4 p. mille Faserstoff zu rechnen.

Man kennt nur die °/₀ Zusammensetzung des Serums, dagegen kann dessen absolute Menge in einer gegebenen Menge Blut noch nicht exact bestimmt werden. Somit ist von den Blutkörperchen weder die °/₀ Zusammensetzung, noch deren Mengenantheil in einer gegebenen Blutmenge bekannt.

Die Vergleichung des Serum's mit dem Gesammtblut, noch besser aber mit dem Blutkuchen (der einen nicht bestimmbaren Antheil Serum enthält), giebt übrigens Andeutungen über die Constitution der Blutkörperchen. Was die, beiden Blutbestandtheilen gemeinsamen Stoffe betrifft, so sind die Körperchen ärmer an Wasser, Chlor, Schwefelsäure, Natron, Kalk, Magnesia und Extractivstoffen; reicher aber an Fetten, Phosphorsäure und Kali. (Denis, C. Schmidt, Lehmann). Ausschliesslich kommt den Körperchen Haematin und Globulin zu; dagegen fehlt ihnen Faserstoff und (wahrscheinlich) Eiweiss.

Das Serum variirt in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften viel weniger als das Gesammtblut. Daraus folgt zunächst: entweder variirt die °/₀ Zusammensetzung der Körperchen viel mehr als die des Plasma, oder die Schwankungen des Gesammtblutes rühren vorzugsweise von Schwankungen der Zahlen der Körperchen her. Die direkten Blutkörperchenzählungen machen den letztern Schluss wahrscheinlicher. In diesem Fall hängen die Variationen

der Blutkörperchenzahlen ab, entweder von erheblichen absoluten Ab- und Zunahmen derselben, oder — was viel annehmbarer erscheint — von bedeutenden Wechseln der Plasmamengen.

20. Technik der Blutanalyse.

Die gebräuchlichen Verfahrungsweisen sind im Wesentlichen blosse Modificationen der Prevost-Dumas'schen Methode. Exact bestimmbar sind, um nur die hauptsächlichsten Blutbestandtheile zu erwähnen, 1) das Wasser, also auch die Summe der Fixa, durch Abdampfen im Wasserbad und Trocknen im Luftbad. 2) Faserstoff. Durch Umrühren einer gewogenen Blutmenge mit einem Stab erhält man ein rothes Gerinnsel, das durch Pressen und Auswaschen von den anhängenden Blutkörperchen befreit und schliesslich getrocknet wird. 3) Fette. Durch Ausziehen des festen Rückstandes mit Aether. 4) Salze im Ganzen. Durch vorsichtiges Einäschern des Rückstandes. Die Bestimmungen 1, 3 und 4 kann man am Serum und am Gesammtblute vornehmen.

Nicht genau bestimmbar sind Eiweiss des Gesammtblutes und „trockene Blutkörperchen". Die letzteren werden nicht direct analysirt. Zuerst bestimmt man Wasser und Eiweiss des Serums, letzteres durch Kochen des schwach angesäuerten Serums, Abfiltriren, Auswaschen und Trocknen des Coagulums. Sodann die Summe des Haematin und der Eiweisskörper des Gesammtblutes überhaupt (mit Ausnahme des Fibrin), indem man das defibrinirte Gesammtblut behandelt, wie so eben beim Serum angegeben. Man erhält dadurch ein Coagulum aus Eiweiss + Globulin + Haematin. Man nimmt nun an, die Blutkörperchen seien gleichmässig imbibirt mit Serum; mit anderen Worten, man rechnet: Wasser des Serums verhält sich zum Eiweiss des Serums, wie Wasser des Gesammtblutes zum (unbekannten) Eiweiss des Gesammtblutes. Diese Annahme ist aber falsch. Die „trockenen Blutkörper" werden demnach berechnet durch Abziehen der unexacten Eiweisszahl des Gesammtblutes von der Summe des Eiweiss + Globulin + Haematin des Gesammtblutes.

Dem Gesagten zufolge ist die Blutanalyse, eben weil sie ausserordentlich complicirte Aufgaben in sich schliesst, noch sehr zurück, da 1) der dringendsten Forderung einer gesonderten Analyse der Körperchen und der Blutflüssigkeit, trotz aller, hier nicht darstellbaren, Bemühungen, nicht entsprochen worden ist und 2) selbst die Analyse des Gesammtblutes bezüglich einiger Hauptbestandtheile mangelhaft ist.

21. Blutmenge.

Die zur Bestimmung der Blutmenge empfohlenen Methoden beruhen auf sehr verschiedenen Principien, deren practische Durchführung aber, wegen der speciellen Verhältnisse des Blutes und Gefässsystems, zum Theil unmöglich ist. Gleichwohl sind einige dieser Methoden von Wichtigkeit, weil sie Einblicke gestatten in wesentliche Erscheinungen des Blutlebens. Es können hier übrigens nur wenige Verfahrungsweisen hervorgehoben werden:

1) *Verblutenlassen.* Man öffnet einem Thier ein, oder besser einige grösseren Gefässe und sammelt das auslaufende Blut an, wobei man durch

Kneten des Körpers nachhilft. Fehler: 1) es bleibt ein gewisses Quantum Blut zurück; 2) während des Leerwerdens der Gefässe tritt Lymphe, namentlich aber Ernährungsflüssigkeit aus dem Parenchym der Organe in das Blut zurück. Diese Beimischungen sind bedeutend, sie sind farblos und von viel geringerem specifischen Gewicht als das Blut, desshalb wird, wie namentlich Zimmermann zeigte, das aus der Ader auslaufende Blut successiv wasserreicher und so auffallend ärmer an Blutkörperchen, dass die späteren Portionen sichtlich blässer werden. Es ist nicht unmöglich, dass in einzelnen Fällen mehr „Blut" auslaufen kann, als vorher in den Adern circulirte.

2) *Verblutenlassen mit Ausspritzung der Adern.* (Ed. Weber und Lehmann). Diese Methode sucht den ersten der oben erwähnten Fehler zu umgehen, ohne den zweiten zu beseitigen.

Ein Verbrecher wurde vor und nach der Enthauptung gewogen und der Gewichtsverlust von 5,5 Kilogramm als Blut angenommen. Das ausgeflossene Blut wurde möglichst gesammelt und aus einer Probe die Menge der Fixa bestimmt; sie betrug bloss 188 p. mille. Hierauf wurden die Adern leer gepumpt mit destillirtem Wasser; der feste Rückstand dieses Spülwassers entsprach 1,98 Kilogr. Blut von der oben erwähnten Concentration. Der 60 Kilogr. schwere Mann hätte demnach $7\frac{1}{2}$ Kilogr. Blut = $\frac{1}{8}$ seines Körpergewichtes gehabt.

3) *Mischungsmethode.* (Valentin.) Man entzieht dem Thier eine kleine Blutprobe und bestimmt deren % Menge Fixa. Hierauf injicirt man eine gewogene Wassermenge in den Kreislauf; diese vermischt sich mit dem Blut und verringert die % Menge der Fixa desselben. Zur Bestimmung der letzteren wird eine zweite Blutprobe entnommen. Die Injection hat bloss verändert die Wassermenge des Blutes, nicht aber die absolute Menge der Fixa; die % Abnahme der Fixa ergiebt daher die Blutmenge.

Das Valentin'sche Princip ist ein generelles und ohne Zweifel anwendbar zu anderweitigen physiologischen Untersuchungen. Zur Bestimmung der Blutmenge aber kann es nicht dienen, weil ein bedeutender und dazu in verschiedenen Thieren variabler Theil des eingespritzten Wassers sogleich (durch die Secretionen etc.) das Blut wieder verlässt. Die Blutmenge wird also viel zu hoch gefunden; nämlich zu $\frac{1}{5}$ bis selbst $\frac{1}{4}$ des Körpergewichtes.

4) *Colorimetrische Methode.* (Welcker). Bringt man mit vielem Wasser verdünntes Blut in 2 gleiche Cylindergläser, so nimmt man, wenn die eine Blutprobe einen, relativ kleinen, neuen Wasserzusatz erhält, bei durchfallendem Lichte einen Unterschied der Färbung wahr. Man kann daher auch Proben von annähernd gleichem Blutgehalt als gleich erkennen; geübte Augen sollen hierbei keinem grösseren Irrthum als von 4 % unterworfen sein.

Man macht eine kleine Aderlässe und vermischt das erhaltene Blut mit einer gemessenen Menge Wasser (Probeflüssigkeit). Hierauf lässt man das Thier verbluten und spritzt dessen Gefässe nachträglich mit Wasser aus (Mischung 2). Endlich zerhackt man den ganzen Körper in feine Stücke und zieht letztere mit Wasser aus, bis dieses sich nicht mehr färbt (Mischung 3). Vermischt man Nr. 2 und 3, so hat man eine „Blutlösung" von bestimmter Intensität des Roth. Endlich setzt man zur Probeflüssigkeit noch so viel Wasser, bis ihre Röthung gleich ist der „Blutlösung". Demnach verhält sich das Volum der Probe-

flüssigkeit zum Volum der Aderlässe, wie das Volum der „Blutlösung" zum Blutvolum des Thieres. Die 3 ersten Grössen sind aber bekannt.

Diese Methode führte zu Blutmengen von etwa $^1/_{13}$ am Menschen, Hund und verschiedenen Säugethieren, dagegen von $^1/_{18}$ am Kaninchen. (Welcker, Bischoff, Heidenhain.)

5) Eine fünfte Methode kann erst beim Blutkreislauf erläutert werden (175).

Die durchschnittliche Blutmenge der Warmblüter kann mit vollem Recht zu $^1/_{13}$ des Körpergewichtes angenommen werden.

Viel wichtiger sind die Variationen des Durchschnittswerthes unter bestimmten Bedingungen. Die praktische Medicin hat längst ihre Zeichen der Blutarmuth (sog. Anämie): Schwäche der Muskeln, Wässrigkeit der Secrete, Blässe der Haut, kleine Gefässcaliber u. s. w., sowie ihre Zeichen der Blutfülle (Plethora). Diese Symptome haben aber nur in extremeren Fällen einen relativen Werth. Etwas bessere Approximationen dürften ergeben die Veränderungen des Blutes durch eine Aderlässe. Mit einer gewissen Berechtigung wird der Satz aufzustellen sein, je mehr Aderlässe von gleichen Stärken in verschiedenenIndividuen das specifische Gewicht und die Blutkörperchenzahlen herabdrücken, desto geringer sind die Blutmengen derselben.

III. Grunderscheinungen des Ortswechsels der Materie im Körper.

A. Physikalischer Theil.

22. Uebersicht.

Die Bestandtheile des Körpers sind, abgesehen von ihren chemischen Umsetzungen, in Bewegungen begriffen, die sehr verschieden sein können nach Form, Richtungen, Geschwindigkeiten, bewegten Massen und deren physiologischen Leistungen. Diese Bewegungen in ihren speciellen Erscheinungsweisen sind wesentliche Eigenschaften des Lebens. Sie erfolgen entweder innerhalb des Körpers selbst, indem ein Molekel durch Platzveränderung integrirender Theil einer anderen Körperstelle wird (intermediärer Ortswechsel), oder sie bestehen in Wechselwirkungen mit der Aussenwelt, vermöge deren neue Stoffe dem Körper einverleibt, oder unbrauchbar gewordene, chemisch metamorphosirt, der Aussenwelt zurückgegeben werden. Diesem Ortswechsel unterworfen sind nur solche Bestandtheile des Körpers, welche die elastisch- oder tropfbarflüssige Form angenommen haben; doch können tropfbare Flüssigkeiten auch festen, in ihnen suspendirten Gebilden ihre eigenen Bewegungen mittheilen. Die Bestandtheile der Festgebilde des Körpers aber betheiligen sich nicht an diesem Ortswechsel, sie werden erst dazu befähigt, wenn sie eine der genannten Aggregatformen angenommen haben.

Der Ortswechsel tritt in zwei, strenge auseinander zu haltenden Formen (23 und 24) auf.

23. Massenbewegungen.

Die Flüssigkeit (tropfbare oder elastische) ist als Ganzes in Bewegung. Ihre Einzelbestandtheile, mögen sie noch so verschiedener Natur sein, zeigen somit an denselben Orten dieselben Geschwindigkeiten. Der Vorgang wird dadurch möglich, dass eine Flüssigkeit an gewissen Stellen unter stärkerem, an anderen unter schwächerem Druck steht, sodass eine Bewegung in der Richtung gegen den geringeren Druck entsteht; wir haben es also mit einfachen Schwerewirkungen zu thun. Diese mechanischen Bedingungen wirken unausgesetzt, d. h. eine Ausgleichung der Spannungen in allen Schichten der Flüssigkeit kommt nicht zu Stande und die Flüssigkeit, z. B. das Blut, ist in beständiger Bewegung begriffen.

Die Motoren sind entweder Druck- oder Saugkräfte. Alle diese Bewegungen werden (von unbedeutenden Ausnahmen abgesehen) vermittelt durch die Thätigkeiten bestimmter Muskelgruppen.

Diese Erscheinungen der Massenbewegungen bedürfen keiner allgemeinen Darstellung; sie erfolgen nach den Gesetzen der Hydro- und Aërodynamik. Das Eingreifen der einzelnen Motoren wird speciell geschildert in der Lehre von der Bewegung des Blutes, der Lymphe, der Fortbewegung des Abgesonderten in den Drüsenkanälen, der Ventilation der Athemluft, der Bewegung des Inhaltes des Nahrungsschlauches u. s. w.

24. Molekuläre Ortsbewegungen.

Die Flüssigkeit bewegt sich nicht als Ganzes, wohl aber sind die Molekeln jedes einzelnen Bestandtheils in Bewegung für sich, unabhängig von den (ruhenden oder ebenfalls bewegten) Molekeln der übrigen Bestandtheile der Flüssigkeit. Diese Ortsbewegungen sind bedingt durch die Verschiedenheit der chemischen Constitution der einzelnen Schichten einer Flüssigkeit oder zweier, sich berührender Flüssigkeiten. Sie erfolgen sogar der Schwere entgegen. Die Verschiedenheiten zwischen benachbarten Schichten zweier Flüssigkeiten rufen mit Nothwendigkeit hervor die Tendenz zur gegenseitigen Ausgleichung, doch sind auch hier die Bedingungen im Körper von der Art, dass eine vollständige Ausgleichung niemals erfolgt, so dass auch diese Bewegungen niemals zur Ruhe kommen. Die Flüssigkeiten als Ganzes können, wie gesagt, dabei bewegungslos bleiben; häufig aber verbindet sich im Organismus die Massenbewegung mit dem molekulären Ortswechsel. Letzterer besteht also in Gleichgewichtsstörungen zwischen Molekeln derselben Natur und wir müssen so viele gestörte Gleichgewichte unterscheiden, als die Flüssigkeitsschichten einzelne Bestandtheile enthalten, vorausgesetzt dass die Molekeln jedes Bestandtheils ungleich in den Einzelschichten vertheilt sind.

Die Molekulärbewegungen zerfallen in: 1) Ortsbewegungen elastischer Flüssigkeiten; (Diffusion der Gase, Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten, Entweichen absorbirter Gase in freie Gasräume oder in andere Flüssigkeiten, Verdunstung). 2) Ortsbewegungen innerhalb tropfbarer Flüssigkeiten (sog. Diffusion von Flüssigkeiten, Imbibition, Endosmose, zum Theil auch die Filtration).

25. Ursache der molekulären Ortsbewegungen der Gase.

Eine Grundeigenschaft der Gase ist ihr Ausdehnungsvermögen; die Theilchen desselben Gases sind bestrebt, sich von einander zu entfernen, so dass ein kleines Gasvolum sich in einen unendlich grossen Raum verbreiten kann. Wird aber die Entfernung der Theilchen von einander gehindert, sind sie enthalten in einem geschlossenen Raum (in Gasform oder absorbirt in einem begrenzten Flüssigkeitsvolumen) und somit einander mehr oder minder genähert, so drücken sie sich gegenseitig. Die Stärke des Druckes nennt man die Spannkraft (Expansivkraft) der Gase. Letztere wird demnach um so stärker in Anspruch genommen, je mehr die Gastheilchen einander genähert werden; die Spannungen verhalten sich umgekehrt wie die Volume. Die Theilchen desselben Gases äussern somit auf einander eine Repulsionskraft und die Ortsbewegung der Gase kann einfach zurückgeführt werden auf blosse Druckwirkungen, die gegenseitig ausgeübt werden von Gasmolekeln derselben Natur. (Dalton, Graham.)

Macht man eine feine Oeffnung in einen Gasbehälter, so strömen leichtere Gase schneller aus als die schwereren. Es ist z. B. die relative Ausflussgeschwindigkeit der Kohlensäure in den luftleeren Raum 8,1, wenn die Geschwindigkeit der atmosphärischen Luft 10 ist. Dem Anfänger wird das durch folgende Ueberlegung erklärlich. Eine Luftsäule (spec. Gew. = 100) von der Höhe von 100 Längeneinheiten übt einen relativen Druck aus von $100 \times 100 = 10000$, eine Kohlensäuresäule (spec. Gew. = 152) wird also bloss die Höhe 65,7 zeigen müssen, um jener Luftsäule das Gleichgewicht zu halten ($65{,}7 \times 152 = 10000$). Die Lufttheilchen strömen also aus mit einer Geschwindigkeit, als ob sie herabgefallen wären von der Höhe 100, die Geschwindigkeit aber der Kohlensäuretheilchen entspricht blos dem Fallraum 65. Die Geschwindigkeiten aber verhalten sich, nach den Fallgesetzen, wie die Wurzeln aus den Fallräumen, also hat man für die relative Geschwindigkeit der Luft $\sqrt{100} = 10$, der Kohlensäure $\sqrt{65{,}7} = 8{,}1$. Die Fallräume also verhalten sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte, die Ausflussgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Quadratwurzeln der specifischen Gewichte. Dieses beweist, dass diese Ortsbewegungen der Gase auf blossen Druckwirkungen beruht.

26. Diffusion der Gase.

Die nächste Folge der Repulsivkraft der Gasmolekeln von gleicher Natur ist die Vermischung verschiedenartiger Gase, sobald sie in Berührung kommen. Die Berührung kann sein 1) eine mittelbare: die Gase sind getrennt durch eine poröse Scheidewand. Dieser Fall interessirt den Physiologen nicht; 2) eine unmittelbare: die Gase berühren sich frei. Ihre Vermischung geschieht schneller, sogar der Schwere entgegen (Berthollet). Wird ein Behälter mit Kohlensäure durch eine Röhre verbunden mit einem höher stehenden Behälter, der specifisch sehr viel leichteres Wasserstoffgas enthält, so ist nach einer gewissen Zeit die Vermischung eine vollständige.

Der Fall ist von Wichtigkeit für das Athmen, indem die Luft der verschiedenen Abschnitte, Trachea, Bronchien u. s. w., der luftführenden Kanäle ungleich zusammengesetzt ist. (§. 220.)

27. Absorption der Gase.

Tropfbare Flüssigkeiten vermögen Gase aufzunehmen (Saussure jun., Dalton, Bunsen). Man unterscheidet 2 Fälle: 1) Es besteht chemische Verwandtschaft zwischen Gas und Flüssigkeit. Die Mengen der aufgenommenen Gase hängen

ab von den chemischen Affinitäten. Das in chemische Verbindung getretene Gas kann durch mechanische Mittel aus der Flüssigkeit nicht wieder abgeschieden werden, ausgenommen, wenn die chemische Affinität zwischen Gas und Flüssigkeit nur eine schwache ist. 2) Es besteht keine chemische Verwandtschaft. (Gasabsorption im engern Sinn.) Das absorbirte Gas hat seine chemische Natur nicht geändert und kann durch mechanische Mittel aus der Flüssigkeit wieder ausgeschieden werden.

Manche Gase unterliegen beiden Gesetzen, d. h. ein Theil des Gases wird chemisch gebunden, ein zweiter blos mechanisch absorbirt.

28. Absorption eines Gases.

Zur Vergleichung der Erscheinungen ist eingeführt der Absorptionscoëfficient, d. h. das Gasvolum, reducirt auf 0° Wärme und das Barometermittel (76 Centimeter Hg. Höhe), welches absorbirt wird von der Volumeinheit einer Flüssigkeit und zwar unter dem permanenten Gasdruck von 76 Centimetern Hg. Die Absorption hört auf, wenn das aufgenommene Gas im Gleichgewicht steht mit dem freien Gas. Das absorbirte Gasvolum ist $=$ Flüssigkeitsvolum $\times$ Absorptionscoëfficient. Letzterer hängt ab 1) von der Natur des Gases. Die Coëfficienten des Wassers sind für $\ddot{C}$ 1,8 (d. h. 1 Volum Wasser nimmt auf $1\frac{4}{5}$ Vol. $\ddot{C}$.), N 0,02, O 0,04. 2) Von der Natur der absorbirenden Flüssigkeit. Wasser z. B. absorbirt viel mehr $\ddot{C}$, als Salzwasser. 3) Von der Temperatur. Bei den Gasen, die für den Athemprocess wichtig sind, ist der Absorptionscoëfficient bei 20° C. etwa die Hälfte dessen bei 0°. 4) Vom Gasdruck. Die Flüssigkeit nimmt unter jedem Druck gleiche Volume desselben Gases auf, aber bei doppeltem Gasdruck ist das absorbirte Gasvolum doppelt so dicht, d. h. es zeigt, reducirt auf den einfachen Druck, das doppelte Volum. Also ist der Absorptionscoëfficient proportional dem Druck.

100 C. C. M. Wasser nehmen auf aus einer Sauerstoffatmosphäre von 76 C. M. Hg. Druck $100 \times 0{,}04 = 4$. C. C. M. Gas; aus einer Atmosphäre von 152 C. M. Hg. Druck aber 8 C. C. M. Gas, beide absorbirten Volume reducirt gedacht auf gleiche Temperatur und gleichen Druck.

29. Absorption von Gasmischungen.

Hier unterscheidet man den Gesammtdruck und die Partiardrücke der einzelnen Gasatmosphären. 100 Vol. atmosphärische Luft halten 21 O; das O aber füllt die 100 Volume vollständig aus, also wird (der Gesammtdruck $= 1$ gesetzt) der Druck der O-atmosphäre 0,21. Ausserdem sind im Gasraum enthalten 79 Vol. N, mit einem Partiardruck von 0,79. Dem Frühern gemäss ist das von der Volumeinheit gasfreien Wassers absorbirte O-volumen $0{,}04 \times 0{,}21 = 0{,}0084$ Volume, das absorbirte N-volum dagegen $0{,}02 \times 0{,}79 = 0{,}0158$ Volume. 1 Volum Wasser enthält also ein Gasgemenge von 0,0242 Volumeinheiten reducirt auf die Druckeinheit.

Da der Absorptionscoëfficient des Wassers für O grösser ist als für N, so ist die vom Wasser absorbirte Luft relativ O reicher als die freie Atmosphäre, was für das Athmen der Wasserthiere wichtig ist.

30. Contact zweier gashaltenden Flüssigkeiten.

Für diese, experimentell noch nicht untersuchten Bedingungen, können wir deduktorisch etwa folgende Normen aufstellen.

1) Kommt ein Fluidum, das ein Gas absorbirt enthält, in Berührung mit einem gleichen Volum eines gasfreien Fluidums anderer Natur, dann nimmt letzteres Gas auf. Nach erreichtem Gleichgewicht der Gasspannungen in beiden Flüssigkeiten verhalten sich die beiderseitigen absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten der Fluida.

2) Haben — alles übrige wie unter 1 gesetzt — beide Fluida ungleiche Volume, so verhalten sich die schliesslich absorbirten Gasmengen, wie die Produkte der Volume in die Absorptionscoëfficienten.

100 C. C. M. Wasser nahmen auf 4 C. C. M. O gas; sie kommen in Berührung mit 200 C. C. M. gasfreiem Salzwasser (dessen Absorptionscoëfficient für O ist = 0,03). Nach hergestelltem Gleichgewicht müssen sich die absorbirten Gasvolume verhalten wie 100 $\times$ 0,04 zu 200 $\times$ 0,03 d. h. das Wasser enthält 1,6 und das Salzwasser 2,4 C. C. M. O absorbirt.

3) Stehen (die sonstigen Bedingungen wie unter 1) die durch eine poröse Membran getrennten Fluida unter verschiedenen Drücken, so ändert das nichts an der Erscheinung, da zufolge der Incompressibilität der tropfbaren Fluida der Raum, in dem das absorbirte Gas vertheilt ist, gleich bleibt.

Diese Behauptung ist allerdings mit der „Condensation" der in Fluidis absorbirten Gase in Widerspruch; sie kann aber, ja, sie muss, da die wirkliche Molecularform der absorbirten Gase unbekannt ist, bis der experimentelle Beweis des Gegentheils gegeben ist, beibehalten bleiben.

4) Zwei verschiedene Flüssigkeiten von gleichem Volumen haben jede ein besonderes Gas absorbirt; enthält nach erfolgtem Austausch jede Flüssigkeit Antheile beider Gase, so verhalten sich die absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten.

Diese Bedingungen wiederholen sich beim Athmen und dem Stoffwechsel überhaupt. Es findet Gaswechsel statt 1) zwischen den in den Blutkörperchen einerseits und der Blutflüssigkeit anderseits absorbirten Gasen und 2) zwischen letzteren und den in der Ernährungsflüssigkeit der Gewebe absorbirten Gasen, wobei zugleich obiger Fall 3) sich wiederholt, indem das Blut und die Gewebflüssigkeit nicht nothwendig gleichen Druck zeigen. Wir wollen aber nicht längnen, dass der direkte Versuch einen Theil der, auf deduktorischem Wege gewonnenen Aufstellungen (No. 3?) umstossen kann.

31. Entweichen absorbirter Gase.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas unter bestimmtem Druck absorbirt enthält, in Berührung mit freiem Gas derselben Natur, aber von geringerem Druck, so entweicht ein Theil des absorbirten Gases, bis die Spannungen der absorbirten und der freien Gasmolekeln gleich geworden sind.

100 C. C. Wasser absorbiren aus einer O atmosphäre von 152 C. M. Hg. Druck 8 C. C. M. (auf die Druckeinheit reducirtes) O gas. Kommt dieses Wasser in Berührung mit einer O atmosphäre von 76 C. M. Hg. Druck, so enthält es nach hergestelltem Gleichgewicht blos noch 4 C. C. M. O gas.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas a enthält, in Berührung mit einem freien Gas b, so ist letzteres für das absorbirte Gas als nicht vorhanden anzusehen, weil bloss Repulsion besteht zwischen Gasmolekeln derselben Natur.

Es findet also ein gegenseitiger Austausch statt. Ist der Gasraum sehr gross im Vergleich zum Flüssigkeitsvolum, so findet man in letzterem nach einiger Zeit bloss Gas b absorbirt.

Die Lehre von der Absorption der Gase erhält, wie oben gezeigt wurde, ihre unmittelbare und vielfache Verwendung im Athmungsprozess. Das Blut enthält Gase absorbirt, in den Lungen kommt es, vermittelst dünnster Scheidewände, in Berührung mit den in anderer Weise zusammengesetzten freien Gasen der Lungenzellen, es findet somit ein gegenseitiger Gaswechsel statt. Wir können nunmehr auch die Blutgase betrachten.

32. Blutgase.

Aus dem Blute können Gase, nämlich Sauerstoff, Kohlensäure und Stickgas ausgetrieben werden, zunächst durch mechanische Mittel, z. B. unter der Luftpumpe (Mayow 1674 und Magnus) oder durch Kochen von mit Wasser verdünntem Blut im luftverdünntem Raum (Bunsen). Eine zweite Portion der im Blut enthaltenen Kohlensäure kann aber nur erhalten werden durch chemische Zusätze zum Blut.

Nach L. Meyer, dem frühere Versuche von Magnus nahe stehen, enthalten 100 Volume arteriellen Hundeblutes 21—28 Vol. mechanisch austreibbarer Gase und zwar: O 12—18, N 2,8—5 und $\ddot{C}$ 5,2—6,2 Volumtheile. Dazu kommt noch die erwähnte zweite Portion $\ddot{C}$ mit 20—28 Vol., so dass im Ganzen aus dem Blute etwa 50 Volum % Gase erhalten werden.

Zur Bestimmung des Gasabsorptionsvermögens wird das Blut defibrinirt, durch Auskochen gasfrei gemacht (werden aber dadurch die Blutkörperchen und deren Absorptionskräfte nicht verändert?) und sodann einem Gas ausgesetzt. Nach L. Meyer ist der Absorptionscoëfficient des Blutes für O 0,1, N ungefähr 0,03, $\ddot{C}$ gegen 2 (d. h. 1 Volum Blut absorbirt 2 Volume $\ddot{C}$). Serum absorbirt viel weniger $\ddot{C}$ und O als geschlagenes Blut (Berzelius), die Körperchen übernehmen somit die wichtige R o l l e v o n T r ä g e r n d e r B l u t g a s e.

Bei zunehmenden Drücken der Gasatmosphäre werden mehr Gase absorbirt, aber bloss die aufgenommenen Stickgasmengen wachsen proportional mit den Drücken, d. h. das Stickgas ist einfach physikalisch absorbirt. Das aufgenommene O und die $\ddot{C}$ dagegen bestehen 1) aus einer Quantität, proportional den Drücken, entsprechend also dem Absorptionsgesetz und 2) einem vom Druck unabhängigen, durch chemische Affinität gebundenen Quantum. Weitaus der grösste Theil des vom defibrinirten Blut aufgenommenen O ist unabhängig vom Druck der O-atmosphäre; die O-aufnahme ist also ganz vorzugsweise bedingt durch chemische Affinitäten. Letztere sind übrigens schwach, da das O durch mechanische Mittel vollständig wieder ausgetrieben werden kann (s. 222). Was die C betrifft, so absorbirt das Blut davon einfach physikalisch nicht mehr als das Wasser, aber es nimmt noch ein weiteres Kohlensäurevolum auf, das de Absorptionsgesetz nicht gehorcht und also chemisch gebunden ist. Dieses zweite Volum ist etwa gleich dem Blutvolum selbst (s. 221.)

33. Gewinnung der Blutgase.

Das Blut muss bei seiner Ansammlung vor Luftzutritt geschützt werden. Eine elastische Röhre führt dasselbe aus dem Blutgefäss in den Boden eines



Fig. 3.

mit ausgekochtem, gasfreiem Wasser theilweis gefüllten Glaskolbens a. Das Steigen des Wassers in der graduirten Röhre des Kolbens giebt das Blutvolum an. Kolben a wird dann durch den Kautschuk 1 verbunden mit der Glasröhre b und diese mit der Röhre c. Kautschuk 1 wird geschlossen, Röhre b mit Wasser gefüllt und letzteres ausgekocht, wodurch aus b und c alle Luft ausgetrieben wird, so dass beide Räume nur noh Wasserdampf enthalten. Kautschuk 3 wird dann geschlossen und 1 geöffnet, Kolben a erwärmt; eine geringe Erwärmung reicht hin, dass das verdünnte Blut lebhaft kocht, die Gase gehen über in b und c, um schliesslich in c angesammelt zu werden. Dadurch erhält man die mechanisch austreibbaren Gase; um die chemisch gebundene Kohlensäure zu gewinnen, dient bei sonst gleicher Procedur, ein Zusatz von Weinsäure zum Blut (Bunsen).

34. Wasserverdunstung.

Tropfbare Flüssigkeiten, welche in Berührung kommen mit Gasen, verbreiten sich in den Gasraum, indem sie Dampfform annehmen. Der Process dauert so lange, bis der Gasraum mit dem Dampf gesättigt ist. Von Einfluss auf die Erscheinung ist: 1) die Temperatur, warme Luft kann mehr Wassergas aufnehmen; 2) Bewegung der Luft; sie beschleunigt den Process; 3) der Luftdruck; bei geringerem Druck erfolgt die Verdampfung schneller, sowie auch, falls der Luftraum unendlich gross ist, wie die atmosphärische Luft, bei geringeren Drücken die verdampfende Wassermenge zunimmt. 4) Luftfeuchtigkeit; je geringer diese, desto schneller die Verdunstung, desto grösser die verdunsteten Massen.

Die Verdunstung spielt eine wichtige Rolle im Organismus; die Nasen- und Mundhöhle, die Schleimhaut der Athemwerkzeuge und die allgemeinen Bedeckungen geben grosse, nach obigen Gesetzen veränderlichen Mengen Wassergas an die umgebenden Luftschichten ab.

35. Diffusion der Flüssigkeiten.

Kommen mit einander mischbare, tropfbare Flüssigkeiten in Berührung, so vermischen sie sich bis zur völligen Ausgleichung, selbst wenn man sie ruhig stehen lässt und wenn die specifisch schwerere den unteren Platz einnimmt. Die Geschwindigkeit der Diffusion hängt, nach Graham, ab: 1) von der Natur der Substanzen; Alkalisalze z. B. diffundiren viel schneller als Gummi arabicum und Eiweiss; 2) von der Concentration der Lösung. Die in gleichen Zeiten diffundirten Mengen verhalten sich bei Lösungen desselben Stoffes wie die Concentrationen der Lösungen, 3) zunehmende Wärme und 4) selbstverständlich grössere Beruhigungsflächen beschleunigen den Process. Wird zu einer Lösung eines träge diffundirenden Körpers ein solcher von schneller Diffusion gesetzt, so wird die Diffusionsgeschwindigkeit des ersteren noch mehr herabgesetzt. Diffundiren 2 Lösungen gegeneinander, so verbreiten sich die beiderseitigen Stoffe fast so schnell wie in reines Wasser, wenn die Lösungen nur schwach concentrirt sind, dagegen langsamer bei starken Concentrationen.

Diffusionsversuche mit den im Organismus vorkommenden Stoffen, einzeln für sich und in Mischungen, wären für die Physiologie von entschiedenem Werth. Die Diffusion kommt, als solche, zwar nur direkt in Betracht bei den verschiedenen Schichten der Blutflüssigkeit der Capillargefässe; ihre Thatsachen sind aber von allgemeinerer Bedeutung und zwar für die in Folgendem abgehandelten Erscheinungen.

36. Imbibition.

Werden thierische Membranen und Organe in Flüssigkeiten gelegt, so imbibiren sie sich mit bestimmten Mengen derselben. Von Einfluss auf die Stärke der Imbibition ist: 1) die Beschaffenheit der Gewebe, z. B. Muskelsubstanz nimmt viel mehr auf als Knorpel. Von gewissen Farbstoffen nimmt, nach Gerlach, die Intercellularsubstanz mancher Gewebe wenig, die Zelle mehr, der Zellenkern aber am meisten auf. 2) die Natur der Flüssigkeit; trockene Harnblase z. B. nimmt von Oel nichts auf, von wässrigen Lösungen mehr oder weniger, von Wasser am meisten; 3) die Concentration: verdünntere Lösungen werden in grösseren Mengen aufgenommen als concentrirtere derselben Substanz (Liebig). 4) die Wärme begünstigt den Process.

Von wässerigen Lösungen nimmt eine trockene Blase etwas mehr Wasser auf, sodass die Lösungen selbst concentrirter werden. Die Verwandtschaft der Membran zum eingedrungenen Wasser beeinträchtigt die Fähigkeit des letzteren, Substanzen gelöst zu enthalten. Presste Ludwig eine imbibirte Membran, so zeigte das Auslaufende die Concentration der Lösung, desshalb kann ein Theil des imbibirten Wassers als Hydratwasser der Membran angesehen werden. Aus Lösungen zweier Stoffe werden die beiden gelösten Substanzen nicht in dem Verhältniss aufgenommen, als sie aufgenommen würden, wenn jede Substanz für sich allein vorhanden wäre (Cloetta); die imbibirbarere wiegt nämlich absolut und relativ vor; das Verhältniss ist übrigens ein wechselndes bei verschiedenen Concentrationen.

37. Endosmose

ist die gegenseitige Vermischung zweier Flüssigkeiten, die durch eine poröse Scheidewand getrennt sind (Nollet). Der Austausch erfolgt viel langsamer als bei der Diffusion der Flüssigkeiten; nach einer gewissen Zeit sind die Flüssigkeiten auf beiden Seiten der Membran gleich zusammengesetzt. Es finden dabei zwei entgegengesetzte Ströme statt, wobei der eine (und zwar manchmal sehr bedeutend) überwiegt, so dass (anfängliche Volumgleichheit der Flüssigkeiten vorausgesetzt) nach erfolgtem Gleichgewicht der Zusammensetzung beider Flüssigkeiten, das Volum auf der einen Seite der Membran mehr oder weniger vorwiegt. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die concentrirtere Flüssigkeit an Volum zu-, die verdünntere dagegen abnimmt. Bei der Endosmose kommt in Betracht: 1) das Verhältniss, in dem die gewanderten Mengen zu einander stehen (endosmotisches Aequivalent), und 2) die Geschwindigkeit des Austausches. Letztere, für die physiologischen Anwendungen ungleich wichtigere Frage, wurde viel weniger untersucht als die erstere.

Jolly taucht das untere Ende eines mit einer Membran verschlossenen Cylinders in Wasser; der Cylinder enthält eine andere Flüssigkeit (Lösung). Das äussere Wasser wird öfters erneuet, bis der frühere Inhalt des Cylinders vollständig in das äussere Wasser getreten ist und somit der Cylinder ebenfalls blos Wasser enthält. Jetzt findet keine weitere Gewichtszunahme des Cylinders statt, die Endosmose ist beendet. Das Verhältniss der eingedrungenen Wassermenge zu der herausgetretenen Substanz nennt Jolly endosmotisches Aequivalent. Versuche mit

Stücken derselben Membran geben öfters ziemliche Unterschiede der endosmotischen Aequivalente, sowie auch während desselben Versuches Gleichheit der Bedingungen, namentlich der Beschaffenheit der Membran schwer zu erhalten ist. Die endosmotischen Aequivalente gelten demnach strenge genommen nur für die Bedingungen des speciellen Versuches und haben somit keineswegs die Bedeutung eines Naturgesetzes im strengeren Sinne des Wortes.

38. Specialbedingungen der Endosmose.

Auf die Endosmose ist von Einfluss: 1) Beschaffenheit der Membran.

Eine dünne Kautschukplatte z. B. gestattet keine Endosmose zwischen Wasser und wässerigen Lösungen, wohl aber zwischen Weingeist und weingeistigen Lösungen. Die endosmotischen Aequivalente des Kochsalzes sind, nach Harzer, bei Rindblase 6,4, Rinderherzbeutel 4,0, Schweinsblase 4,3, Schwimmblase 2,9, Collodiumhaut 10,2, d. h. auf einen Gewichtstheil übergetretenes Kochsalz kommen 10,2 Theile eingedrungenes Wasser.

2) Chemische Natur der endosmosirenden Stoffe.

Unter den Alkalisalzen zeigen Chlorverbindungen die kleinsten Aequivalente, grössere die salpetersauren und schwefelsauren, die grössten die phosphorsauren Salze. Säuren haben kleine Aequivalente; Basen grosse, saure Salze kleinere als neutrale Salze (Jolly), z. B. bei Schweinsblasen: kryst. schwefelsaures Kali 11, saures schwefelsaures Kali 2, verdünnte Schwefelsäure $^1/_3$—1, Harnstoff 2.

Nach Eckhard verhalten sich die Endosmosengeschwindigkeiten von Zucker, Kochsalz und Harnstoff wie $1 : 5 : 9^1/_2$.

3) Concentration der Lösung. Die Geschwindigkeiten der Endosmose sind bei Lösungen desselben Stoffes nahe proportional den Concentrationen (Vierordt). Die endosmotischen Aequivalente sind nicht gleich bei verschiedenen Concentrationen desselben Stoffes (Ludwig), je concentrirter die Lösung, desto höher wird das Aequivalent. W. Schmidt untersuchte die Endosmose zwischen zwei verschieden concentrirten Glaubersalzlösungen. Er fand, dass das endosmotische Aequivalent für mässige Differenzen der Concentration nahezu gleich ist, während es für sehr geringe und sehr grosse Differenzen bedeutend wächst. 4) Es versteht sich von selbst, dass die Austäusche schneller erfolgen mit zunehmender Grösse und Dünnheit der trennenden Membran und bei Bewegung der beiderseitigen Flüssigkeiten. 5) Höhen-Temperatur beschleunigt den Process und zwar, nach W. Schmidt, in dem Verhältniss wie sie die Ausflussmengen aus gläsernen Capillaren steigert. 6) Ein starker Gegendruck hindert die Endosmose nicht, wohl aber erfolgt der Uebergang langsamer, anderntheils wird der Strom von der Flüssigkeit stärkerer Spannung gegen die geringer gespannte stärker. 7) Enthält eine Flüssigkeit 2 Stoffe gelöst, so endosmosirt jeder derselben annähernd so, als ob er allein vorhanden wäre (Cloetta).

Während die einfache Gasdiffusion zurückgeführt werden kann auf ein einziges, oberstes mechanisches Gesetz (25) sind die auf den ersten Anblick analogen Erscheinungen in tropfbaren Flüssigkeiten, ja schon die sog. Diffusion in Flüssigkeiten (35) viel verwickelter; sie lassen, z. B. die Endosmose, verschiedene theoretische Auffassungen zu, deren Verfolgung den Anfänger nicht fördern würde. Er mag bloss im Allgemeinen sich vorstellen, dass die beiderseitigen Flüssigkeiten sich nicht in Toto austauschen, z. B. Wasser gegen Salzwasser, sondern dass durch die mit einem Salzwasser imbibirte Membran ein starker Wasserstrom nach dem Salz und ein schwächerer Strom von Salzmolekeln nach dem Wasser erfolgt

39. Filtration.

Durchtreten einer Flüssigkeit durch eine poröse Membran, so dass dieselbe auf der andern, freien Seite der Membran erscheint. Wir unterscheiden 1) die

Filtration der Flüssigkeit in toto, die von einfachen Druckwirkungen abhängige, gewöhnliche Filtration (im Organismus ohne Analogieen) und 2) die noch sehr wenig untersuchte elective Filtration, bei welcher gewisse Bestandtheile der filtrirenden Flüssigkeit, obschon sie darin gelöst enthalten sind, ganz oder theilweise zurückgehalten werden.

Versuche hierüber haben besonders Liebig und W. Schmidt angestellt. Man benutzt eine Röhre, deren unteres erweitertes Ende mit einer Membran verschlossen wird. Im Verlauf des Versuchs vermehrt sich die Filtrationsgeschwindigkeit (Porenerweiterung?), auch können verschiedene Stücke derselben Membran bedeutende Unterschiede der Filtrationsgeschwindigkeiten bieten.

Von Einfluss ist: 1) die Natur der Membran (Weite, Länge, Zahl u. s. w. der Poren, Beschaffenheit der Porenwände;) alle theoretischen Ausführungen hierüber sind für den Physiologen gleichgültig, da diese Fragen überhaupt, und die Prüfung der Porositäten der thierischen Membranen insbesondere, der Beobachtung entrückt sind. 2) Natur der Flüssigkeit. Durch eine Schweinsblase filtrirt Wasser am Besten, weniger gut Salzwasser und Weingeist, am wenigsten Oele. Je leichter ein Membran sich mit einer Flüssigkeit imbibirt, ein desto besseres Filtrum ist sie für dieselbe. Nach Schmidt nimmt bei Salzen anfangs die Filtrationsgeschwindigkeit ab mit steigender Concentration, von einem gewissen Concentrationsgrad an aber bleibt die Geschwindigkeit constant. 8) Zunehmende Temperaturen und 4) Drücke beschleunigen den Process. Dicke Schichten poröser Substanzen können bekanntlich gewisse Bestandtheile filtrirender Flüssigkeiten zurückhalten, anders aber verhält es sich mit uns allein interessirenden dünnen Membranen. Hoppe hat übrigens durch einfaches Durchpressen von Blutserum durch die Haut des Nierenbeckens ein Filtrat geringeren Eiweissgehaltes gewonnen.

B. Physiologischer Theil.

40. Uebersicht.

Die bisher betrachteten physikalischen Vorgänge, namentlich die Endosmose und verwandte Erscheinungen, wiederholen sich in den sehr viel verwickelteren und der direkten Untersuchung viel weniger, ja meistens selbst gar nicht, zugänglichen Erscheinungen des physiologischen Stoffwechsels. Es lassen sich übrigens nur allgemeine Analogieen aufstellen zwischen den physikalischen Vorgängen und den physiologischen Processen, niemals aber sind die, nach den einzelnen Körperstellen vielfach wechselnden, specielleren Erscheinungen des Stoffwechsels genügend zu erklären.

Der physiologische Stoffwechsel geschieht vorzugsweise in den Capillargefässen, vermittelt und begünstigt 1) durch die Feinheit der Wandungen dieser Gefässe; 2) durch die grosse Zahl der Capillaren und die dadurch ermöglichte ungeheure Contactfläche der beiderseitigen Flüssigkeiten und 3) durch die Verschiedenheit der chemischen Constitution der letzteren. Durch die Capillarwände treten immer zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung, doch überwiegt meistens einer nach Masse, oder nach seinen, an Ort und Stelle erzielten

physiologischen Leistungen derartig, dass man ihn vorzugsweise betrachtet und darnach die Erscheinungen zu benennen pflegt. Man unterscheidet als allgemeinste Typen des Ortswechsels der Materie im Körper: die Aufsaugung, Absonderung und Ernährung.

a. Aufsaugung.

41. Localitäten.

Unter Aufsaugung (Resorption) versteht man den Uebergang von tropfbarflüssigen Stoffen in die Säftemasse und zwar zunächst in das Capillarsystem.

Wir unterscheiden 1) Aufsaugung an den gewöhnlich resorbirenden Stellen, d. h. im Nahrungsschlauch (208). 2) Aufsaugung an aussergewöhnlichen Stellen. An allen übrigen Körperlocalitäten sind die Gefässe im Stand, Flüssigkeiten, mit denen sie durch eine angelegte Wunde in Berührung kommen, aufzusaugen. Der, wenn auch anormale, Vorgang ist somit einer der allgemeinsten im Organismus.

Die ältere Medicin nahm vielfach an, dass auch Pulver, z. B. Kohlenstaub die Capillarwände durchdringen könne. Versuche von Oesterlen, Moleschott u. A. sprechen vielleicht für einen solchen, jedenfalls aber in beschränktem Grad erfolgenden Uebergang, namentlich von der Darmschleimhaut aus.

Den allgemeinen Bedeckungen wurde früher ein bedeutendes Resorptionsvermögen zugeschrieben. Neuere Versuche haben im Gegentheil allseitig bestätigt, dass die Epidermis, offenbar zum Nutzen des Organismus, der Aufsaugung geradezu entgegen wirkt. Bringt man den ganzen Arm in ein Wasserbad von etwa 18° C. so verschwinden während 1 Stunde bloss etwa 2—3 Grammen Wasser, ein kaum nennenswerther Verlust, der zum Theil nur auf einer blossen Imbibition der Epidermis mit Wasser, zum Theil auf einem Uebergang vom Wasser in die Säftemasse beruht. Das Talgdrüsensecret, dessen Fettgehalt etwa 30% beträgt, wirkt offenbar einölend auf Haare und Epidermis und vermindert dadurch die hygroscopische Beschaffenheit und Resorptionsfähigkeit dieser Gebilde. Die ärztliche Erfahrung zeigt übrigens, dass gewisse Arzneistoffe von der Haut aus in die Säftemasse übergehen können, namentlich wenn dieselben, z. B. Quecksilbersalbe, eingerieben werden. Der Uebergang scheint dann besonders durch Einpressen in die Schweissdrüsenöffnungen zu erfolgen. Entfernt man die Epidermis, z. B. mittelst eines Blasenpflasters, so zeigt die nunmehr blossgelegte Lederhaut ein ziemlich bedeutendes Resorptionsvermögen.

42. Gewebeimbibition, Blut- und Lymphgefässresorption.

Bringt man in eine Wunde eine resorbirbare Flüssigkeit, so dringt 1) ein Theil derselben direkt in die benachbarten Gewebe, von Schicht zu Schicht, und zwar selbst bis zu einer gewissen Tiefe (Mitscherlich). Blutlaugensalz kann z. B. selbst in Schichten von einiger Entfernung noch nachgewiesen werden. 2) Das Meiste wird von den Blutgefässen aufgesaugt, mit dem Blutstrom schnellstens fortgerissen und dadurch die Möglichkeit einer ununterbrochenen, raschen Resorption gegeben. Gifte können auf diesem Wege sehr schnell zur Wirkung gelangen. 3) Eine dritte Portion wird von den Lymphgefässen aufgesaugt, jedoch viel langsamer als von den Blutcapillaren, schon wegen der minder entwickelten Capillarität und der trägeren Circulation im Lymphsystem.

Durchschnitt Magendie alle Theile einer Extremität, die Hauptarterie und Vene ausgenommen, so trat Vergiftung ein (am besten wählt man, der heftigen Krämpfe wegen, Strychnin) nach Einverleibung des Giftes in die Extremitätenspitze und zwar mit gewöhnlicher Schnelligkeit. Unterbindung der Blutgefässe einer Extremität hebt dagegen die Giftwirkung auf; eben so wenig kann ein Frosch, der bei unterbundenem Herzen noch Stundenlang fortlebt, vergiftet werden.

Es darf aber keineswegs gefolgert werden, dass die Lymphgefässe keine Gifte aufsaugen; die Lymphströmung in den Extremitäten hört nämlich auf, wenn die Blutcirculation daselbst zum Stocken kommt. Brachte Hunter in eine Darmschlinge ein Gift und unterband er die Lymphgefässe der Schlinge, mit Schonung der Blutgefässe, so trat die Vergiftung mit gewöhnlicher Schnelligkeit ein; sehr viel langsamer aber, wenn die Blutgefässe unterbunden und die Lymphgefässe frei gelassen wurden. Letzterer Versuch ist im Princip falsch; die Darmschlinge ohne Blutcirculation verhält sich bald wie eine gemeine Endosmosenmembran; das Gift transsudirt nach und nach durch die Darmwand und kann, von den Nachbartheilen resorbirt, später zur Wirkung gelangen.

43. Specialbedingungen der Resorption.

Zu messenden Versuchen eignen sich am besten oben und unten unterbundene Darmschlingen, welchen der zu resorbirende Stoff einverleibt wird. Von Einfluss auf den Vorgang ist:

1) die *Blutmenge*, welche durch die aufsaugende Fläche fliesst. Aderlässe setzen ebensowol die Gesammtblutmenge des Körpers, als die in der Zeiteinheit circulirenden Blutmassen herab; sie verzögern sehr entschieden den Eintritt der ersten Vergiftungssymptome (Kaupp). Die Anwendung der Aderlässe in der Absicht, krankhafte Ergüsse schneller zur Aufsaugung zu bringen, ist häufig einer der grössten Irrthümer der praktischen Medicin gewesen.

2) *Natur der aufsaugenden Fläche.* Manche Gifte, z. B. Curare, viele fixen Contagien u. s. w. werden nicht aufgesaugt von der Darmschleimhaut; durch Wunden an irgend welchen Körperlocalitäten gelangen sie aber schnell zur Wirkung.

3) *Natur der aufzusaugenden Substanz.* Eiweiss z. B. wird viel langsamer resorbirt als Zucker.

4) *Concentration* der Lösung. Je grösser dieselbe, desto stärker und schneller ist die Resorption (v. Becker). Zu starke Concentration mancher Lösungen z. B. von Eisensalzen, hindert aber durch Schrumpfung der Gefässe u. s. w. die Resorption (Kölliker und H. Müller).

5) *Das Schicksal des bereits Resorbirten.* Wird dasselbe schnell chemisch umgesetzt in der Blutmasse, oder durch Secretionen ausgeschieden, so können neue Massen leichter nachrücken.

b. Absonderung.

44. Grundbedingungen.

Die Absonderungsorgane bestehen im Wesentlichen aus einer **secernirenden Membran** (fast durchgängig Schleimhaut oder seröse Haut), deren freie Fläche mit einer Epitelialauskleidung versehen ist, und aus einem, die Absonderungsmembran umspinnenden **Blutcapillarsystem**. Die Absonderungsmembran ist entweder eine einfache Fläche (seröse Häute) oder es finden

Flächenvermehrungen statt (Absonderungsdrüsen). In den verwickeltsten Fällen sind diese Vermehrungen ungeheuer im Vergleich zum Volum der Drüse. Man unterscheidet als Haupttypen die sackförmige, baumförmige, röhrenförmige und netzförmige Anordnung der Drüsencanäle. Diese Oberflächenvermehrungen begünstigen die Secretmenge wesentlich; auf die Qualitäten der Secretionen ist dagegen der Bau der Drüse von keinem nachweisbaren Einflusse.

Die auf der freien Fläche der Secretionsmembranen hervortretenden Absonderungen entstehen dadurch, dass Bestandtheile der Blutflüssigkeit die Capillarwände und die secernirende Membran durchsetzen.

Die Blutflüssigkeit tritt demnach nicht in toto aus den Capillarwänden, sondern dieser Bestandtheil mehr, jener weniger, ein dritter gar nicht. Das Abgesonderte ist somit von der Blutflüssigkeit mehr oder weniger verschieden und der Process mit der gewöhnlichen Filtration nicht vergleichbar.

Die Absonderungen zerfallen in zwei Gruppen. Die erste umfasst die einfachen Ausschwitzungen. Alle Bestandtheile derselben sind im Blute als solche bereits enthalten.

Die Absonderungsflüssigkeiten der zweiten Gruppe, die Secretionen im engeren Sinn, führen einzelne Bestandtheile, die im Blute nicht nachweisbar, und demnach die Produkte der Thätigkeiten der Absonderungsorgane selbst sind.

45. Specifität der Absonderungen.

Alle Absonderungen entstehen aus einem Material von gleicher Beschaffenheit, dem arteriellen Blut; nur die Galle wird aus venösem Blut gebildet. Die Nothwendigkeit qualitativer Verschiedenheiten der einzelnen Absonderungen wird wenigstens im Allgemeinen begreiflich aus Verschiedenheiten der endosmotischen Qualitäten der einzelnen Absonderungsmembranen. Die Erklärung aber der Besonderheit einer bestimmten Absonderung, der Nachweis also, warum in einer gegebenen Drüse nur dieser und jener Bestandtheil und zwar jeder derselben in einem bestimmten Mengenverhältniss durch die Drüsenmembran tritt, dieses sind ungelöste Probleme der Physiologie.

Die vom Blute in einer Drüse abgegebenen Bestandtheile dienen 1) zur Herstellung der Absonderung, 2) zur Unterhaltung des Stoffwechsels der Absonderungsmembran und 3) zur Bildung von Lymphe. Die Absonderungsmembran ist also der Ort sehr verschiedener Vorgänge, die unter sich offenbar in quantitativen, wohl auch qualitativen, freilich gänzlich unbekannten, Wechselbeziehungen stehen.

Die Specifität der Absonderungen kann nicht herrühren von Verschiedenheiten der endosmotischen Kräfte der Blutcapillaren, sondern von den Eigenschaften der secernirenden Membranen selbst und deren sog. Epitelialauskleidungen.

46. Epitelien der Drüsenmembranen.

Die Constanz der Epitelien deutet auf wichtige Beziehungen zur Absonderung (Goodsir, Will, Luschka). Zunächst muss die Epitelialschicht, welche die secer-

nirenden Stellen der Drüsen überzieht, als eine mit besonderen endosmotischen Kräften begabte Membran, von Einfluss auf die Absonderung selbst sein. In denjenigen Drüsen, welche Secrete im engeren Sinne bilden, werden ausserdem die Epitelialzellen das Absonderungsmaterial zu eigenthümlichen Absonderungsstoffen verarbeiten.

Aber auch die grössern Drüsencanäle, welche kein specifisches Secret mehr bilden, sondern bloss als Ausführungsgänge dienen, sind mit Epitelialauskleidungen und in der Regel mit einer, von letzteren gebildeten, sehr dünnen Schleimlage überzogen. Dadurch wird die Resorption des Secretionswassers in hohem Grade, die Resorption aber gewisser, gelöster Secretbestandtheile vollständig verhütet.

Endlich mischen sich die Epitelialzellen den Secreten selbst bei. Die einfachen Ausschwitzungen, so wie eine Anzahl wahrer Secrete, z. B. die Galle, enthalten solche morphologische Bestandtheile nur vereinzelt, gewissermaassen zufällig. Gewisse Secrete dagegen, z. B. der Schleim, führen diese Beimischungen in grösseren Mengen, so zwar, dass die abgestossenen Zellen mit dem Secret in endosmotische Wechselwirkung treten, sich selbst zum Theil in ihm lösen und die Charaktere der Secrete bestimmen. Das Talgdrüsensecret der Haut besteht fast nur aus Zellen und zerfallenen Zellen. Bei der Samenbereitung endlich spielen die sog. Epitelien der Samenkanälchen eine ganz besondere Rolle.

47. Ausschwitzungen und Secretionen.

Bei der Bildung der Ausschwitzungen: des Harnes, Schweisses, der Thränen, der Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit, der Flüssigkeiten seröser Häute überhaupt, des Humor aqueus des Auges, des Schaafwassers, treten die Blutbestandtheile durch die Absonderungsmembranen ohne chemisch verändert zu werden. Das Abgesonderte ist sonach bloss ein Educt aus der Blutflüssigkeit; alle Bestandtheile des Abgesonderten waren schon praeformirt im Blute. Wird demnach die Ausschwitzung bei Destructionen oder nach vollständiger Exstirpation der Drüse, gehemmt, so sammeln sich die zur Absonderung bestimmten Massen im Blut an (z. B. der Harnstoff nach Ausschneidung der Nieren).

Die Secretionen im engeren Sinne enthalten zweierlei Bestandtheile: 1) einfache Educte aus dem Blute, z. B. Wasser, Salze und 2) neue Stoffe, die, als Produkte der Drüsenthätigkeit, den einzelnen Secreten eigenthümlich sind und von dem Secretwasserstrom gewissermaassen mit fortgerissen werden, z. B. die specifischen Säuren der Galle, die sog. Fermentkörper der Verdauungssäfte. Diese specifischen Stoffe spielen eine wesentliche Rolle im Getriebe derjenigen Functionen, an denen die Secrete sich betheiligen.

48. Typus der Absonderungen.

Manche Absonderungen geschehen intermittirend, z. B. die des Magensafts; andere werden ohne Unterbrechung gebildet, jedoch mit grösseren oder geringeren Schwankungen ihrer Mengen und Qualitäten, z. B. der Harn; andere endlich treten nur in gewissen Lebensperioden auf (Milch- und Samensecretion). Nehmen

die Absonderungen bedeutend zu, so können die Drüsencanäle passiv erweitert werden durch die stärkere Ansammlung von Secretmassen.

Der Gegendruck des in den Drüsenkanälen enthaltenen Secretes gegen die nachrückenden Absonderungsmassen kommt bei normalen Verhältnissen kaum in Betracht. Nimmt aber der Druck der Secretmassen, z. B. nach Unterbindung des Ausführungsganges, bedeutend zu, so wird das Nachrücken neuer Mengen erschwert. Die Drüsenkanäle erleiden dann stärkere Ausdehnungen, und der Druck des Angesammelten kann selbst viel grösser sein als der Blutdruck (Ludwig), gleichwohl aber ist die Secretion nicht vollständig aufgehoben. Die Secretmassen schwitzen entweder aus durch die Wände der Ausführungsgänge, oder sie können in einzelnen Fällen den gespannten Ausführungsgang zum Bersten bringen.

Die Druckverhältnisse des Blutes wie der Secretmassen ändern demnach nicht wesentlich, sondern nur quantitativ, die auf Molekularwirkungen beruhenden Secretionsprocesse. Die Blutdrücke in kleinen Thieren sind gering (177), trotzdem erfolgen hier die Secretionen, relativ zum Körpergewicht, in grossen Mengen.

Endlich steht die procentige Zusammensetzung der Secrete in einer gewissen Abhängigkeit von der Blutbeschaffenheit, doch kennt man die Grösse dieser Abhängigkeit für die normalen Schwankungsgrenzen nicht näher. Verändert man das Blut stark, z. B. durch Wassereinspritzungen, so werden die Secrete wässeriger; nach Kochsalzinjectionen führen sie diesen Körper in grösserer Menge u. s. w. Es können selbst nach eingreifenden Veränderungen der Blutmischung, Bestandtheile in grosser Menge in den Secreten auftreten, die normaliter in ihnen fehlen. So macht z. B. starke Wasserinjection in das Blut die Milch (Eckhard), oder den Harn (Kierulf) eiweisshaltig.

Die Zunahmen der Absonderungen sind immer begleitet: 1) von grösserem Blutreichthum der Drüse. Es strömt offenbar mehr Blut durch die Drüse; damit will aber nicht behauptet werden, dass die grössere Blutzufuhr an sich schon grössere Secretmengen bedinge. Es greifen nämlich noch wesentlich ein 2) die „Stimmungen", die variabelen endosmotischen Kräfte, (wir müssen uns mit solchen vagen Ausdrücken begnügen) der Drüsenmembranen; welche ihrerseits wieder in einer gewissen Abhängigkeit vom Nervensystem zu stehen scheinen (117). 3) Erhebliche Mengenveränderungen einer Absonderung sind von Einfluss auf die Stärke gewisser anderer Absonderungen. Ein derartiger Antagonismus besteht z. B. zwischen Schweiss- und Harnbildung.

49. Fortschaffung des Abgesonderten.

Diese hängt zunächst von der Form der Absonderungsmembran ab.

I. Die Membran bildet eine geschlossene Höhle (seröse Säcke, Synovialkapseln der Gelenke). Das Abgesonderte ist eingesackt und kann als Ganzes nicht abfliessen, wohl aber durch Aufsaugung seiner Einzelbestandtheile nach und nach entfernt werden und neuen Massen Platz machen. Der Stoffwechsel ist hier nicht bedeutend; er wird ermöglicht, indem gewisse Bestandtheile des Abgesonderten sich chemisch umsetzen und zugleich die Blutbeschaffenheit sich etwas ändert. Beide Fällen führen zu gegenseitigen Endosmosenströmen.

II. Die Absonderungsmembran stellt eine freie Fläche dar. Das Abgesonderte kann in toto ablaufen und somit neues Material leicht nachrücken. Gewisse Absonderungen sammeln sich in grösseren Behältern an, um aus diesen periodisch ergossen zu werden (Urin, Galle). In diesen Behältern erleiden sie nachträgliche Veränderungen, namentlich durch theilweise Wasserresorption.

Bezüglich ihrer weiteren Schicksale kann man die Absonderungen eintheilen in: 1) reine Secretionen, welche zunächst verwendet werden zu speciellen physiologischen Aufgaben (z. B. Verdauungssäfte, Samen). 2) Reine Excretionen. Das Abgesonderte wird ausgestossen aus dem Körper (Harn, Schweiss). 3) Gemischte Absonderungen. Gewisse Bestandtheile werden wieder in die Blutmasse aufgesaugt, überhaupt weiter verwerthet, andere aber werden ausgestossen (Galle).

50. Flimmerbewegung.

Die Epitelialzellen gewisser Schleimhautflächen sind mit feinen, in lebhafter Bewegung begriffenen Flimmerhärchen versehen (Purkinje und Valentin).

Die flimmernden Stellen des menschlichen Körpers sind 1) Nasenhöhle (mit Ausnahme ihrer untersten Stelle) und deren Nebenhöhlen, 2) oberster Theil des Schlundes sammt Eustachischer Röhre und Trommelhöhle, 3) Schleimhaut der Athemwerkzeuge, die Lungenzellen ausgenommen, 4) Höhle der Gebärmutter und Fallopische Röhren, 5) Kopf des Nebenhoden. Ausserdem kommt die Wimperbewegung vor in den Hirnhöhlen.

Die Hauptformen der Bewegungen der Flimmerhärchen sind abwechselnde Biegungen und Streckungen und zwar bei allen in derselben Richtung, oder Kreisbewegungen der freien Spitzen der Härchen. Die Bewegungen, welche sich 100—300 mal in der Minute, oftmals noch viel häufiger wiederholen, erzeugen Ströme unmittelbar an den Wänden der Fläche, wodurch angesammelter Schleim oder feine Körperchen, z. B. Kohlenstaub, ziemlich schnell (auf der Respirationsschleimhaut nach Biermer in 1 Minute 2—3 Linien weit) fortbewegt werden. Der physiologische Nutzen des Phaenomens besteht in der Fortbewegung des Schleims gegen die Ausführungsgänge hin. Die Ursache der, vom Nervensystem jedenfalls unabhängigen und Stunden lang nach dem Tode fortdauernden Bewegungen ist unbekannt. Dieselben werden, wenn sie verlangsamen oder aufhören, wieder angeregt durch einige Zusätze, z. B. verdünnte Kalilösung (Virchow) oder durch mechanische Erschütterungen (Valentin). Eine grosse Anzahl anderer Körper dagegen verlangsamt, oder vernichtet diese Bewegungen.

c. Ernährung.

51. Grunderscheinungen des parenchymatösen Ortswechsels.

Die Ersatzmaterialien der Gewebe und des Parenchyms der Organe stammen aus dem Blut. Die Ernährung eines Körpertheils und dessen physiologische Leistungen nehmen daher ab nach Erschwerung der Blutzufuhr, während vollständige Hemmung derselben, Vernichtung der normalen Structur und eingreifende chemische Abnormitäten des Stoffwechsels nach sich zieht, die sich äusserlich als sog. Brand und Absterben des Theiles kundgeben.

Die Beziehungen aber sind wechselseitig zwischen Blut und Geweben. Die letzteren sind infiltirt von den sog. Gewebssäften, deren Bestandtheile

abstammen: 1) vom Blute, um entweder Bestandtheile der Gewebe selbst zu werden, oder in die Lymphgefässe überzutreten und 2) von den Geweben, deren Thätigkeiten begleitet sind von chemischen Umsetzungen. Die Umsatzkörper, z. B. Harnstoff, Kohlensäure, gehen zurück in das Blut und zwar direkt durch die Wände der Capillargefässe. Wir haben also, wenn wir absehen von den zur Bildung der Lymphe verwendeten Stoffen, zu unterscheiden einen Strom in der Richtung gegen die Gewebe, und einen zweiten Strom gegen das Blut. Der erstere liefert den Geweben die Ersatzstoffe, Bestandtheile, die einer progressiven Metamorphose entgegengehen; der zweite Strom führt Stoffe der regressiven Metamorphose, die als Auswürflinge zunächst ins Blut übergehen, um schliesslich durch gewisse Absonderungen aus dem Körper entfernt zu werden. Das Blut stellt den allgemeinen Mittel- und Durchgangspunkt dar für den Stoffwechsel überhaupt, die speciellen Gewebesäfte dagegen sind die besonderen Centralpunkte, die Mittelglieder für die in den einzelnen Geweben nach verschiedenen Richtungen hin erfolgenden Stoffbewegungen.

Wenn die Secretionsprocesse, obschon die Producte dieser mehr einseitigen Thätigkeiten, die Secrete nämlich, nach Menge und Zusammensetzung der direkten Untersuchung offen stehen, fast nur äusserlich bekannt sind, so gilt das um so mehr von den ungleich vielseitigeren Stoffwechselerscheinungen in den Geweben selbst. Denn: 1) man kennt die reinen Gewebsäfte nicht, indem das aus den Geweben Ausgepresste fremde Bestandtheile, z. B. Blut, Lymphe, enthalten muss. 2) Aber selbst die vollständige Kenntniss der Gewebsäfte würde blos zur Procentzusammensetzung einer komplexen Flüssigkeit führen, dagegen nichts aussagen über die Mengen der Einzelbestandtheile, welche in bestimmten Zeiten den Durchgang durch den Gewebsaft genommen haben. 3) Die Blutmengen, welche den Organen zuströmen, sind so ausserordentlich gross gegenüber den in die Gewebe abgegebenen Stoffmengen, dass die Vergleichung der venösen Blutarten unter sich wenig aussagen kann über die örtlichen Stoffwechselvorgänge selbst. Alle diese Schwierigkeiten der direkten Untersuchung sind derartig, dass man fast gar keine faktischen Anhaltspunkte hat für die speciellen Gestaltungen des Orts- und Stoffwechsels, die in den einzelnen Geweben vor sich gehen.

52. Stärke des parenchymatösen Stoffwechsels.

Der Stoffwechsel zwischen Blut und Geweben erfolgt ohne Unterlass, jedoch mit bedeutenden quantitativen und ohne Zweifel auch qualitativen Schwankungen, entsprechend den jeweiligen Thätigkeitszuständen des Gesammtorganismus und der Einzelorgane insbesondere. Jede Steigerung der Thätigkeit eines Theiles hat sogleich zur Folge einen grösseren Blutzufluss, vermehrten Stoffverbrauch von Seiten des mehr leistenden Organes, stärkere Aufnahme von Ersatzmaterial aus dem Blut, vermehrte Abgabe von Produkten der regressiven Metamorphose zurück in das Blut, sowie endlich Zunahme der Bildung der Organlymphe. Die Schwankungen der drei letztgenannten Processe stehen ohne Zweifel in jedem Einzelorgan in gewissen proportionalen Verhältnissen.

Die verschiedenen Organe und Gewebe zeigen hinsichtlich der Stärke ihres Stoffwechsels die grössten Unterschiede. Zahlenwerthe aber der relativen, geschweige der absoluten Stoffwechselgrössen der einzelnen Organe und Gewebe können nicht aufgestellt werden. Es fehlen somit die Grundelemente einer Physiologie der Ernährung. Allgemeine und eben desshalb ungenügende Anhaltspunkte über die relativen Stoffwechselmaasse gibt: der Blutreichthum der

Theile (solche mit bedeutendem Stoffwechsel sind bevorzugt durch einen grösseren Reichthum an Blutgefässen); die experimentellen Erfahrungen über die Geschwindigkeit der Verheilung von Wunden und den Regenerationsprocess (57), sowie über die Zeitdauer des Eintretens des Brandes, nach Hemmung der Blutzufuhr, in verschiedenen Geweben. Auch dürften gewisse physikalische Eigenschaften: Cohäsion, Imbibitionsfähigkeit zu beachten sein. Der Imbibition zugänglichere Theile bieten jedenfalls einen stärkeren Stoffwechsel. Klinische Erfahrungen, z. B. die Vergleichung der Zeitdauer gewisser Krankheitsprocesse in verschiedenen Geweben und Organen dürften, richtig interpretirt, mancherlei Aufschlüsse bieten.

53. Abhängigkeit der Ernährung vom Blut.

Dass die Blutbeschaffenheit von Einfluss sein muss auf die Zusammensetzung zunächst der Gewebsäfte ist klar. Der jeweiligen Blutbeschaffenheit entspricht also in jedem Organ eine bestimmte Zusammensetzung des Gewebsaftes; nach plötzlicher Aenderung der ersteren ändern sich in der That sogleich auch die letzteren. Künstlicher Wasserreichthum des Blutes, z. B. durch Einspritzung grösserer Wassermassen in den Kreislauf, bewirkt einen höheren Wassergehalt der Organe, in einzelnen derselben sogar örtliche Wassersuchten (Oedeme, Hydropsien). Nach Injection von Salzen in das Blut, z. B. von Ferrocyankalium, geht sogleich ein Theil des Einverleibten über in die Gewebe.

Diese Wirkungen sind leicht zu constatiren, eben weil sie dem normalen Stoffwechsel gar zu ferne liegen; die Einflüsse aber der innerhalb engerer Grenzen schwankenden normalen Blutbeschaffenheiten auf die Ernährung der Einzelorgane sind unbekannt. Merkwürdig bleibt es jedenfalls, dass das Blut, wenigstens der einigermassen kräftigen Individuen, sehr bedeutende und plötzliche Qualitätsänderungen erträgt, ohne dass nothwendig eingreifende Functionsstörungen eintreten.

Den besten Beweis dafür liefert die Transfusion von Blut. Man kann einem Thiere Blut entziehen und demselben, ohne Nachtheil, zum Ersatz solches eines anderen Individuums derselben Art, ja selbst fremder Gattungen in die Adern spritzen. Bischoff injicirte selbst defibrinirtes Säugthierblut in die Adern von Vögeln ein, ohne Beeinträchtigung dieser Thiere. Man kann sogar einem Hund, durch portionenweise Blutentziehungen und entsprechende, Einspritzungen von Ersatzmassen aus anderen Hunden, sein ursprüngliches Blut vollständig entziehen.

Diese Erfahrungen machen höchst wahrscheinlich: dass zunächst nur die Gewebesäfte, gewissermaassen die Continuationen der Blutflüssigkeit in die Parenchyme der Organe, in unmittelbarer und grosser Abhängigkeit stehen von der Blutbeschaffenheit, weniger aber die eigentlichen Bestandtheile der Gewebe. Die Stoffe, welche die Gewebe selbst den sie infiltrirenden Gewebsäften entziehen, variiren demnach, in ihren absoluten und relativen Mengen, viel weniger als die Stoffe, welche das Blut abgibt an die Gewebsäfte. Dadurch ist den Organen eine gewisse, wenn auch immerhin beschränkte, für ihre Functionirungen aber unentbehrliche Selbstständigkeit verliehen, gegenüber den sie durchziehenden Säften.

Der Einfluss des Blutdruckes ist schon früher erwähnt (48).

Die beim parenchymatösen Stoffwechsel zunächst wirkenden Kräfte sind 1) einfachere physikalische, namentlich die Molekularkräfte, welche z. B. in der En-

dosmose und Imbibition auftreten, 2) aber auch chemische Attractionen. Dass z. B. der Uebergang von Sauerstoff aus dem Blut in das Parenchym grösstentheils hieher gehört, kann keinem Zweifel unterliegen.

Die Specifität der Ernährungserscheinungen der Einzelgewebe ist so unerklärt, wie die Specifität der Secretionen.

Die Einflüsse des Nervensystems s. 117.

54. Gefässführende Gewebe.

Hinsichtlich ihrer Beziehungen zum Blut zerfallen die Gewebe in 2 Classen: in gefässhaltige und gefässlose. In den ersteren variiren die Capillaren je nach den Körperstellen vielfach nach Zahl, Configuration, Dicke u. dgl. oft auf eine für die Einzelgewebe und Organe durchaus characteristische Weise. Das in den Capillaren circulirende Blut kommt in endosmotische Wechselwirkungen zunächst mit den Gewebsäften. Die Kleinheit dieser Maschenräume und der Reichthum an Capillaren begünstigen, durch die grosse gegenseitige Contactfläche, in hohem Grad die Stärke des Stoffwechsels. Nach einer gewissen Zeit besteht das Gewebe, obschon es in Form, chemischer Constitution und Leistungen vollkommen gleich geblieben, aus durchaus neuen Massen; mit einem Worte: der Stoffwechsel besteht hier in Partialerneuerungen der die Gewebe constituirenden Stoffe, von denen jeder einzelne seine besondere, in keinem einzigen Beispiel aber näher gekannte, Stoffwechselgeschwindigkeit hat.

Von einer Erörterung der Einzelgewebe und Organe müssen wir absehen; sie würde zudem kaum über das hinaus gehen, was die Histologie und Zoochemie über die morphologischen und chemischen Bestandtheile der Gewebe u. s. w. lehrt. Von einer Verwerthung dieses Wissens für eine wirklich physiologische Betrachtung der Ernährungsvorgänge der Einzelorgane kann zur Zeit keine Rede sein.

Alle gefässführenden Theile ernähren sich nach demselben allgemeinen Typus. Dieses gilt auch von den Knochen, über deren Ernährung früher sonderbare Ansichten herrschten. Duhamel fütterte junge Thiere kurze Zeit mit Krapp und fand, dass anfangs bloss die äussere, dem Periost zunächst gelegene Knochenschicht sich roth färbte. Die Färberröthe hat nämlich Verwandtschaft zum phosphorsauren Kalk des Knochens. Wurde der Krapp eine gewisse Zeit gereicht, so war der ganze Knochen gefärbt; geschahen die Fütterungen in abwechselnden Perioden mit und ohne Zusatz von Krapp, so sollen die Knochen abwechselnde, concentrische, gefärbte und ungefärbte (?) Schichten gezeigt haben. Daraus schlossen Duhamel und Flourens: Die Beinhaut schwitzt beständig neues Knochenmaterial aus und dasselbe rückt allmälig nach innen, um, an der Wandung der Markhöhle angelangt, aufgesaugt zu werden.

Beim wachsenden Knochen findet natürlich eine allmälige Vergrösserung der Markhöhle, also eine Aufsaugung der sie begrenzenden Knochenschichten, sowie eine Bildung neuer Knochenlagen vom Periost aus statt; aber dieser Process erfolgt unendlich viel langsamer als die Färbung der Knochen. Die Knochenfärbung darf nicht mit der Wachsthums-, noch viel weniger aber mit der Ernährungsweise des schon ausgewachsenen Knochens in Verbindung gebracht werden.

Mehrere der Duhamel'schen Angaben sind zudem falsch. Der Knochen färbt sich an allen Stellen, allerdings aber stärker an den dem Periost zunächst liegenden. Die abwechselnden, gefärbten und ungefärbten Ringe existiren in der scharfen Sonderung, wie Duhamel behauptete, nicht. Der Versuch hat übrigens noch keine ganz zufriedenstellende Erklärung gefunden. Vielleicht liegt hier theilweise eine Art Diffusionserscheinung zu Grund, d. h. die färbende Substanz tritt, wie das auch beim todten, in Krappabkochung getauchten Knochen geschieht, langsam vom Periost aus durch den Knochen, Schicht für Schicht, wobei eine schwächere primäre Ablagerung des Farbestoffs vom Blut aus in der ganzen Breite des Knochens nicht ausgeschlossen ist.

55. Gefässlose Gewebe mit Integralerneuerung.

Hierher gehören die, freie Flächen überziehenden, Epidermis, Nägel, Haare, Epitelien. Sie erhalten von einem blutgefässeführenden Mutterboden ihr Material; dasselbe organisirt sich zu Zellen. Die Bildung neuer Massen erfolgt aber continuirlich, unter der fertigen Schicht entsteht eine neue Lage u. s. w. Dadurch werden die älteren Schichten immer mehr vom Mutterboden entfernt, um schliesslich allmälig abgestossen oder sonst beseitigt zu werden. Diese Zellen und ihre weiteren Abkömmlinge bleiben somit keine permanenten Bestandtheile des Körpers, sondern es rücken beständig neue nach, um in toto, gewissermaassen als Zellenindividuen, zu Grunde zu gehen. Der Vorgang besteht somit bei diesen gefäss- und nervenlosen Geweben in einer beständigen Integralerneuerung.

Der Process hat gewichtige Analogien mit dem der Secretion; ob das von dem Mutterboden Ausgeschwitzte flüssig bleibt oder fest wird, ist, wenn es sich um das Wesen des Vorganges handelt, gleichgültig; zudem bietet das dicke Secret der Talgdrüsen deutliche Uebergänge zwischen beiden Vorgängen.

Die bereits gebildeten Schichten sind keine todten Massen, die bloss nach Aussen fortgeschoben werden; sie verändern sich vielmehr in ihren morphologischen, physikalischen und chemischen Charakteren. Lücken freilich, welche z. B. in die Epidermis oder die Nägel eingeschnitten werden, sind nicht ausfüllbar.

Hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen mit dem Mutterboden zeigen diese Gewebe grosse Unterschiede. Dieselben fehlen vollkommen, d. h. die Theile nehmen bloss Blutbestandtheile auf, geben aber nichts an das Blut zurück, bei den dickeren Epidermoidalgebilden (Nägeln) und den Haaren (jedenfalls in den älteren Schichten derselben). Ganz anders aber muss es sich verhalten bei den Epitelien, wo alle physikalischen Bedingungen zu endosmotischen Wechselwirkungen mit ihren gefässführenden Unterlagen gegeben sind. Diese Gebilde müssen demnach, ehe sie abgestossen werden und der Integralerneuerung anheimfallen, Partialerneuerungen in rascherem oder trägerem Wechsel erfahren haben.

Die Epidermoidalgebilde wachsen langsam; eine hinten an der Lunula gemachte Lücke im Nagel braucht 4 — 5 Monate, um den Nagelrand zu erreichen. Die Barthaare dagegen wachsen beim täglichen Rasiren etwa um $^1/_5$ Linie in 24 Stunden (Berthold). Häufiges Abschneiden der Haare befördert bekanntlich den Haarwuchs. Das Ergrauen in allerkürzester Zeit (es gibt unzweifelhafte, historisch beglaubigte Fälle der Art), ist eine noch unerklärliche Thatsache.

Gewisse Schleimhäute und Drüsencanäle stossen Epitelien in geringem, andere in stärkerem Grad ab; alle aber sind befähigt, im sog. catarrhalischen Zustand enorme Massen von Epitelzellen zu produciren. Dann findet eine einfache Abstossung, eine einseitige Integralerneuerung statt, während im Normalzustand der Schleimhaut, wie wir oben vermutheten, neben einer mässigen integralen, eine überwiegende partiale Erneuerung geschieht.

56. Gefässlose Gewebe mit Partialerneuerung.

Hierher gehört die Krystallinse des Auges. Wird sie entfernt, so bildet sie sich wieder von der Linsenkapsel aus (Valentin). Bei der fertigen Linse können aber Integralerneuerungen unmöglich stattfinden, d. h. eine beständige Neubildung von Linsensubstanz von der Kapselwand aus und ein Fortrücken des Gebildeten gegen den Linsenkern. Wie sollte in letzterem eine Aufsaugung der Formelemente möglich sein? Der Stoffwechsel besteht in Partialerneuerungen. Die Linsenkapsel gibt Stoffe her und nimmt welche auf aus der Linsensubstanz. Der Kern der Linse ist fester als deren Peripherie, letztere enthält nämlich auch diejenigen Gewebsaftbestandtheile, welche zum Kern gehen oder von demselben kommen. Die äusserste Lage, als Durchgangsschicht des gesammten Linsenstoffwechsels, hat die weicheste Consistenz.

Der Stoffwechsel in der Linse ist möglicherweise nicht unbedeutend; in einzelnen Fällen wenigstens können Trübungen des Organes sehr schnell auftreten. Die an sich gefässlose Linsenkapsel zieht ihr Material vorzugsweise aus dem Humor aqueus und vitreus; der grosse Gefässreichthum der Iris und der Processus ciliares unterstützen indirekt auch den Stoffwechsel der Linse. Wir dürfen wohl auch vermuthen, dass die Schwankungen des Druckes, den die Linse erleidet, namentlich beim Nahe- und Fernsehen, von Einfluss auf ihre Stoff-Aufnahme und Abgabe sein werden.

Die Knorpel enthalten Blutgefässe, so lange sie wachsen; ihr Stoffwechsel ist dann relativ rasch. Die Knorpel des Erwachsenen haben aber keine (oder höchstens an gewissen Stellen der Peripherie sparsame) Blutgefässe. Sie werden ernährt von dem gefässführenden Perichondrium, die Gelenkknorpel von den anstossenden Knochenlagen aus, während vielleicht noch eine Nebenwirkung der Synovia in der Vermittelung des Stoffwechsels im Knorpel besteht. Letzterer geschieht sehr träge; wird ein Knorpelstückchen ausgeschnitten, so füllt sich die Lücke langsam, jedoch nur mit Bindegewebe. Die so sehr variirenden Drücke, denen die Gelenkknorpel ausgesetzt sind, dürften dem Stoffwechsel derselben ebenfalls förderlich sein.

57. Wiedererzeugung.

Viele Körpertheile, wenn sie verletzt werden (durch einfache Schnittwunden, oder selbst durch Wunden mit grösserem Substanzverluste) stellen den Zusammenhang ihrer Structur wieder her. Nach der Verheilung bieten die definitiven Ausfüllungsmassen entweder die normale Struktur der betreffenden Gewebe, oder sie bestehen, bei gewissen Geweben, bloss aus Bindegewebmassen.

Theile, die vom Körper völlig getrennt sind oder nur durch eine schmale Hautbrücke mit demselben noch zusammenhängen, z. B. eine abgehauene Nase, können unter günstigen Bedingungen wieder anheilen. Die Krystallinse kann sogar nach ihrer Entfernung (durch die Staaroperation) vollständig wieder ersetzt werden. Sehr gross ist auch das Regenerationsvermögen gewisser Knochen und Drüsenausführungsgänge. Wird z. B. im Hund nach Anlegung einer Gallenfistel der Gallengang einfach unterbunden, so regenerirt er sich und zwar oft

überraschend schnell; dasselbe kann sogar erfolgen, wenn ein Stück des Ganges ausgeschnitten wurde. Unter den Wirbelthieren besitzen manche Amphibien das auffallendste Regenerationsvermögen; bei Tritonen z. B. kann ein abgeschnittener Schwanz oder Fuss wieder ersetzt werden.

Hautstücke lassen sich, wie die chirurgische Erfahrung zeigt, transplantiren auf andere Körperstellen. Gelungene Transplantationen von ganzen Organen auf fremde Individuen sind unerwiesen. Brachte Wagner Hoden, Krystallinsen u. dgl. in die Bauchhöhle von Thieren, so umkapselten sie sich mit einer organisirten Ausschwitzungsmasse der Nachbartheile und verloren nach und nach ihre normale Struktur, namentlich durch Einlagerung grösserer Fettmassen.

IV. Allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie.

A. Allgemeinste Eigenschaften des Nervensystems.

58. Leistungen.

Der thierische Organismus unterscheidet sich (wenn wir die niedersten Formen der Thierwelt unberücksichtigt lassen) von den Pflanzen durch das Vorhandensein des Nerven- und Muskelsystems. Im Zusammenhang damit steht eine Anzahl eigenthümlicher und mannigfaltigster Functionen, namentlich die psychischen Thätigkeiten, die Bewegungen und die Wahrnehmungen sowohl der Dinge der Aussenwelt, als auch eigener Körperzustände.

59. Anatomische Grundlagen.

Das Nervensystem der Wirbelthiere zerfällt anatomisch und functionell in die Centren: Hirn und Rückenmark und die von den letzteren ausstrahlenden Nerven. Diese verästeln sich gegen ihre Peripherie hin immer mehr und senken sich ein in die Gewebe und Organe des Körpers, so dass ein Nerv ausschliesslich, oder in Gemeinschaft mit anderen, einen gewissen Bezirk beherrscht und den Zusammenhang zwischen letzterem und den Nervencentren vermittelt.

Gegenüber der Mannigfaltigkeit der physiologischen Leistungen des Nervensystems fällt die Einfachheit der mikroskopischen Formbestandtheile desselben zunächst auf. Abgesehen von accessorischen Elementen (Blutgefässen, Bindegewebe) unterscheidet man als wesentliche Elemente, d. h. diejenigen, welche als Träger der *specifischen* Funktionen des Nervensystemes anzusehen sind, bloss die Nervenfaser und das Nervenkörperchen, wegen deren morphologischen Charaktere auf die Lehrbücher der Histologie verwiesen wird.

Die Fasern dienen im Nerven selbst und vielfach auch in den Centren als Leitungsapparate. Die Nervenkörperchen (besonders in der grauen Substanz der Centren, in den Ganglien der Rückenmarks- und Hirnnerven, im Sympathicus)

schicken 1, 2 oder selbst eine Anzahl Fortsätze aus, die nichts anderes darstellen als Nervenfasern. Die Fortsätze schlagen verschiedene Richtungen ein und zwar in den Nerven und dem Rückenmark 1) gegen die Peripherie, 2) das Gehirn und 3) gegen benachbarte Nervenkörperchen. Das Nervenkörperchen wird desshalb als eine Art elementarer Centralapparat angesehen, indem es die relativ einfachen und isolirten Thätigkeiten der zugehörigen Nervenfasern zur Einheit, zu einer physiologischen Gesammtleistung vereinigt.

Die Verbindung einfacherer Vorgänge zur organisch-zweckmässigen Einheit erfolgt in den Centralapparaten wohl auf sehr verschiedene Weise, es ist aber noch nicht gelungen, hierüber Hypothesen aufzustellen, deren Anschaulichkeit und Berechtigung jener, besonders von Wagner hervorgehobenen, hypothetischen Grundfunktion des Nervenkörperchens vergleichbar wäre.

60. Mittelbare Untersuchung.

Die Nerventhätigkeiten werden zunächst erforscht an den, oft leicht erkennbaren Wirkungen auf diejenigen Organe, mit denen die Nerven verbunden sind. So bewirken z. B. gewisse Nerven (die motorischen) in Thätigkeit versetzt, Zusammenziehung von Muskeln; während andere Nerven (sensible) im Zustand ihre Erregung, Empfindungen vermitteln. Die Wirkung im ersten Fall äussert sich also an der Peripherie der Nerven: im Muskel; im zweiten Fall dagegen in umgekehrter Richtung, im Gehirn, in Form einer, unserer eigenen subjectiven Beobachtung zugänglichen, Empfindung.

61. Unmittelbare Untersuchung.

Man erforscht direkt die Eigenschaften der Nerven und deren Abänderungen, wenn die Nerven in Thätigkeit kommen.

Die Vorgänge in der Nervenfaser selbst werden, unbekümmert um die Wirkungen, untersucht, welche die Nerven nach aussen übertragen. Diese Wirkungen aber, als abhängig von den Nervenprozessen selbst, dienen ganz vorzüglich und zunächst zur Feststellung wenigstens einiger Grundvorgänge und Eigenschaften des Nervensystems. Ob z. B. ein motorischer Nerv in Thätigkeit sei, ja gewisse Charaktere dieser Thätigkeit, das erkennen wir an der leicht wahrnehmbaren Verkürzung des zugehörigen Muskels, während die blosse Constatirung der Thätigkeit eines motorischen Nerven an sich, also mittelst direkter Methoden, schwierigere Hülfsmittel voraussetzt. Die engere Aufgabe der Nervenphysiologie, die Erforschung der im Nerven selbst ablaufenden Vorgänge (namentlich der electrischen Ströme, Abschnitt V.) ist erst in neuerer Zeit mit Erfolg in Angriff genommen; ihre Ergebnisse sind aber dem Anfänger schwer verständlich, wenn er nicht die äusseren Leistungen der Nerven vorher kennen gelernt hat. Die Wissenschaft selbst hat denselben Entwickelungsgang genommen. Die Grunderscheinungen der Nerventhätigkeiten werden im Folgenden nur kurz vorangestellt, weil die meisten Specialbeweise entweder beruhen auf den Nervenwirkungen (Muskelthätigkeiten, oder Empfindungen) oder auf den Lehrsätzen der thierischen Elektricität, die der Anfänger am Zweckmässigsten für sich und im Zusammenhang kennen lernt.

62. Grundbedingungen der Nervenleistungen.

1) Ein Einfluss, welcher fähig ist, den Nerven zu verändern (Nervenreiz); 2) Erregbarkeit und Leitungsvermögen des Nerven: der Reiz verändert den Nerven zunächst an seiner Applicationsstelle; die Veränderung pflanzt sich fort innerhalb der Nervenmasse. 3) Bestimmung des vom Nerven abhängigen Apparates; z. B. des Muskels u. s. w.

63. Nervenreize.

Dieselben sind als solche entweder vollkommen unbekannt (z. B. Willensreize auf motorische Nerven) oder sie sind objectiv mehr oder weniger bekannt.

Hierher gehören: mechanische Einwirkungen (Druck, Zerren), eine grosse Anzahl chemischer Verbindungen; Temperaturen (Entziehung oder Zufuhr von Wärme), Elektricität, Licht, Schallwellen u. s. w.

Die Nerven im unversehrten Organismus sind zumeist nur Reizen von gewisser Art ausgesetzt, sog. homologe Reize, und zwar an beschränkten Stellen (der Peripherie oder den Ursprüngen), welche durch Nebenvorrichtungen die Aufnahme und richtige Zuleitung der Reize wesentlich erleichtern, z. B. Willensreiz für die motorischen Nerven; Licht für den Sehnerv; Schallwellen für den Hörnerv.

Alle sonstigen Reize, welche, ausser den homologen, einen Nerven in Thätigkeit versetzen können, heissen heterologe; so sind z. B. Druck, Elektricität, u. s. w. heterologe Reize der Netzhaut des Auges. Die Wirkungen derselben sind übrigens ähnlich denen der homologen; Druck auf die Netzhaut verursacht ebenfalls Lichtempfindungen, mässiger Druck auf einen motorischen Nerven ebenfalls Muskelverkürzungen u. s. w.

Endlich giebt es Agentien, welche auf bestimmte Nerven nicht wirken, z. B. Licht auf die Tastnerven oder die motorischen Nerven. Der einzige generelle Reiz scheint die Elektricität zu sein.

64. Leitung im Nerven.

Wird ein Nerv gereizt an einer bestimmten Stelle, so treten augenblicklich Wirkungen auf an einem entfernten Ort und zwar nach Reizung motorischer Nerven Muskelzuckungen, nach Reizung sensibler Nerven Empfindungen.

Im ersten Fall ist die Wirkung an der Peripherie, im zweiten an den Centralapparaten wahrnehmbar, wesshalb man früher von centrifugal- und centripetalleitenden Nerven sprach, eine Unterscheidung, die nur auf die nach aussen übertragenen Leistungen sich bezieht. Die Nervenerregung wird von der Stelle der Reizung auf- und abwärts fortgepflanzt, sie kann aber selbstverständlich Wirkungen nach aussen nur da übertragen, wo eben Apparate vorhanden sind, die von den erregten Nerven aus bestimmt werden können.

Eine nothwendige Bedingung für die Leitung ist der Zusammenhang der Nervenfasern; nach Durchschneidung, Compression oder sonstiger örtlichen Ertödtung des Nerven, ist die Leitung aufgehoben.

Die Erregung verbleibt innerhalb der gereizten Nervenfaser selbst, sie geht nicht über auf die unmittelbar angrenzenden Fasern. Wird ein Nerv halb durchschnitten, so hemmt die Schnittstelle die Fortleitung innerhalb der verletzten Fasern und die unversehrt gebliebenen können auf die durchschnittenen ihre Erregungen nicht übertragen. Demnach kann, wenn von zwei Nerven eines Organes einer durchschnitten wird, der gesunde für den durchschnittenen nicht vicariiren.

Die Isolation der Faser gilt als unumstösslich für die Faser innerhalb der Nerven selbst (man schreibt gewöhnlich der Faserscheide die isolirende Wirkung zu). In den Centralapparaten dagegen, erfolgen Mittheilungen der Erregungen auf andere Fasern (107) sehr häufig.

65. Verlauf und Endigung der Nervenfasern.

Die dickeren Nerven schliessen bei ihrem Austritt aus dem Hirn- oder Rückenmark viele tausende von Nervenfasern in sich ein.

Die Fasern verlaufen isolirt neben einander, jede Faser hat also eine gewisse Selbstständigkeit; Anastomosen der Fasern finden nicht statt. Die Nerven aber unter sich gehen vielfache Verbindungen ein, d. h. sie tauschen Fasern aus. Man unterscheidet: 1) Anastomose: ein Nerv giebt Fasern ab an einen andern, 2) Decussation: 2 Nerven tauschen einen Theil ihrer Fasern aus und 3) Plexusbildung: mehrere Nerven treten zusammen zu einem Geflecht; dieses giebt zahlreiche Zweige ab; jeder Zweig enthält Fasern von jedem Nerven. Diese Einrichtungen ermöglichen, dass ein Körpertheil Nervenfasern verschiedener Ursprünge auf die einfachste Weise erhalten kann.

Die Endausbreitungen der Nervenfasern sind nur unvollständig bekannt und die Nervenphysiologie kann die betreffenden morphologischen Thatsachen noch nicht gehörig verwerthen. Früher nahm man für die Nervenfasern, entsprechend ihren selbstständigen Verlaufsweisen, freie, isolirte Endigungen an und glaubte, nur auf diese Weise erklären zu können, dass eine bestimmte, von der Nervenfaser beherrschte, periphere Stelle in Rapport mit einer bestimmten Stelle der Nervencentren gesetzt werden könne. Später nahm man schlingenartige Umbiegungen an: eine centrifugale Faser umbiegend in eine centripetale, ohne dass die Nervenphysiologie dadurch eine reelle Erweiterung ihrer Anschauungen gefunden hatte.

Gegenwärtig kann man aufstellen: 1) Die netzförmige Endramification. In der Nähe der Peripherie theilt sich die Faser in zwei oder mehrere Zweige, welche zusammengenommen oft viel dicker sind, als die Faser selbst; die Zweige theilen sich weiter und zwar in feine marklose Fasern; die letzten Endigungen sind wahrscheinlich netzförmig angeordnet (Muskel, elektrisches Organ der Zitterfische, Gekrös). 2) Specifische Endigungsfweisen für die höheren Sinnesnerven (Netzhaut, Schneckennerv). 3) Die Vater'schen Körperchen, eigenthümliche Organe, von gänzlich unbekannter Function, an beschränkten Körperstellen, in welche eine einzelne Nervenfaser isolirt endet. Gewisse Analogien damit scheinen die kolbigen Körperchen zu bieten, welche W. Krause neuerdings als Endigungen der empfindenden Nervenfasern beschreibt.

66. Proportionalität zwischen Reiz, Nervenprocess und Nervenleistung.

Der Reiz, eine (wenn wir absehen von den gänzlich unbekannten Willenseinflüssen auf motorische Nerven) physikalische Bewegung, wird umgesetzt in den Nervenprocess (richtiger in eine Modification eines bereits vorhandenen, im Nerven beständig ablaufenden Processes), welcher seinerseits eine äussere Leistung nach sich zieht, den eigentlichen, im Organisationsplan liegenden physiologischen Nutzeffect des durch den Reiz modificirten Nervenprocesses.

Diese drei Factoren stellen eine Kette von Ursachen und Wirkungen dar, ohne dass die einzelnen Glieder, objectiv genommen, irgend wie mit einander vergleichbar wären; z. B. Willensreiz — Erregung der motorischen Nerven — Muskelverkürzung, oder: Lichtwellen — Erregung der Netzhaut — Licht-

empfindung. Trotz dieser objectiven Unvergleichbarkeit bestehen aber gesetzmässige Proportionalitäten, d. h. jede Aenderung eines Factors bedingt eine, in der Mehrzahl der Individuen gleicher Art, konstante Aenderung der von ihm abhängigen Factoren.

Das Licht z. B. hört in der Substanz des Sehnerven auf, Licht zu sein, es tritt ein ganz anderes, ein Nervenprocess, auf. Dieser selbst bietet an sich keinen Vergleichspunkt mit der Empfindung der Farbe, d. h. mit dem Seelenact, der in Folge der Nervenreizung entstanden ist. Von diesen 3 Factoren ist allemal das Mittelglied, der Nervenprocess, am wenigsten bekannt; ja insofern specieller selbst gar nicht, als man so gut wie nichts Unterscheidendes weiss über die durch eine Farbe, einen Ton, den Willen u. s. w. erregten Vorgänge in dem Sehnerven, Hörnerven, oder einem motorischen Nerven. Die meisten speciellen Sinnesreize sind dagegen von der Physik vielfach erforscht, sowie die concreten Empfindungsqualitäten selbst, mit ihrem reichen Inhalt, unserer unmittelbaren subjectiven Beobachtung offen stehen u. s. w.

67. Specifität der Nervenleistungen.

Derselbe Nerv kann durch sehr verschiedenartige, homologen oder heterologen, Reize in Thätigkeit versetzt werden (63), die nach aussen übertragenen Wirkungen aber dieser Thätigkeit sind einander bei demselben Nerven immer ähnlich, d. h. der motorische Nerv vermittelt nur Muskelverkürzungen, die Netzhaut unter allen Umständen Lichtempfindungen. Demnach setzt derselbe Reiz in verschiedenen Nerven ganz verschiedene äussere Wirkungen; der elektrische Strom veranlasst Muskelverkürzung, wenn er einen motorischen Nerven, Geschmacksempfindungen, wenn er den Geschmacksnerven, Lichtempfindungen, wenn er den Sehnerven trifft u. s. w.

Diese Thatsachen haben verschiedene theoretische Deutungen erfahren: Entweder schreibt man jeder Klasse von Nerven specifische Thätigkeiten zu, d. h. die verschiedensten Reize sollen in demselben Nerven immer nur Nervenprocesse derselben Natur auslösen, Zustände, in welche zudem andere Nerven nicht versetzt werden können. Oder man nimmt im Gegentheil an, die Processe seien dieselben in allen Nerven, die Wirkungen aber nur darum verschieden, weil jede Klasse von Nerven ihre Erregungen auf eigenartige Organe übertrage.

Die letztgenannte Meinung stützt sich vornehmlich darauf, dass die Vergleichung der einzelnen Nerven zu keinen durchgreifenden chemischen, histologischen und elektromotorischen Unterschieden führt; wogegen erwidert wird, unsere Hülfsmittel seien zu solchen Nachweisen weder fein noch zahlreich genug. Wir werden übrigens einige Erfahrungen kennen lernen (z. B. Wirkungen gewisser Gifte auf motorische, nicht aber auf sensibele Nerven) die als Beweise innerer Verschiedenheiten der Nervenprocesse selbst, mit mehr oder weniger Recht, angeführt werden können. Diese Grundfrage der Nervenphysiologie ist dem unmittelbar überzeugenden Experimentalbeweis noch nicht zugänglich, indem jede Erfahrung eine Auslegung nach beiden Seiten hin gestattet.

68. Modificationen der Leistungsgrössen desselben Nerven.

Die nach aussen übertragenen Leistungen der Nerventhätigkeit sind veränderlich: 1) Mit der Stärke des den Nerven treffenden Reizes, 2) mit der jeweiligen Erregbarkeit des Nerven selbst und 3) dem Zustande des die

Leistung zunächst vollführenden Apparates, z. B. der Muskelfasern. Bloss der zweite dieser Factoren bedarf hier einer kurzen Betrachtung. Man unterscheidet die Ermüdung des Nerven, so zwar, dass bei zunehmenden Ermüdungsgraden die Stärken der Reize wachsen müssen, wenn anders die Leistungen die früheren Intensitäten haben sollen. In den höheren Graden der Ermüdung: der Erschöpfung, ziehen sogar intensive Reize nur schwache Wirkungen nach sich, ja solche bleiben schliesslich selbst ganz aus. Das gewöhnliche Verhältniss zwischen Stärke des Reizes und Stärke der Wirkung des leistungserzeugenden Nervenprocesses wird demnach mit zunehmenden Ermüdungsgraden bedeutend verändert. Lässt man den ermüdeten Nerven ungereizt, so stellt sich die normale Erregbarkeit allmälig wieder ein. Zu lange Ruhe ist der Erregbarkeit des Nerven schädlich. Ein gewisser Wechsel zwischen Ruhe und Erregung sichert den Normalgrad der Erregbarkeit auf die Dauer am besten. Im Nerventod ist die Erregbarkeit unwiederbringlich verloren; er tritt im Warmblüter viel schneller ein, als in dem (mit trägerem Stoffwechsel begabten) Kaltblüter.

Die Erregbarkeit des Nerven hängt ohne Zweifel zunächst ab von dessen jeweiligem Ernährungszustand. Jede Erregung bedingt Stoffverbrauch im Nerven; ist aber der Verbrauch grösser als der Wiederersatz, so nimmt die Leistungsfähigkeit gegen früher ab, d. h. der Nerv verfällt in den entsprechenden Ermüdungsgrad. Die gehörige Ruhe des Nerven führt zur Wiedergewinnung des früheren Ernährungszustandes. Ruhe und Erregung können aber nach Zeit und Intensität auf das Mannigfaltigste mit einander abwechseln.

Der Nerv ist vor allen Apparaten des Körpers ausgezeichnet durch seine ausserordentliche Labilität, denn 1) wechselt seine Erregbarkeit trotz gleichgebliebenen äusseren Bedingungen schnell und stark; 2) die kleinsten Anstösse lösen relativ grosse Wirkungen aus, offenbar darum, weil Kräfte, die während des sog. Ruhezustandes gebunden waren, durch die Reizung der Nerven frei werden, sodass also der Nervenreiz keineswegs auf ruhende Massen anstosst, deren Trägheit erst zu überwinden wäre; 3) geringe Aenderungen des materiellen Substrates sind vom grössten Einfluss auf dessen Leistungen. Nach Harless ertragen übrigens die Froschnerven ziemlich bedeutende Variationen ihres Wassergehaltes, bis sie ihre Reizbarkeit vollständig verlieren; nach Kölliker können selbst trocken gewordene Nerven durch Befeuchtung mit Wasser wieder leitungsfähig werden.

69. Modificationen der qualitativen Leistungen desselben Nerven.

Die Leistungsqualitäten des Nerven unterliegen analogen Normen wie die Leistungsgrössen. Die Nervenfaser ermüdet bei der Einwirkung desselben qualitativen Reizes, so zwar, dass die Leistung selbst eine qualitativ andere werden kann; z. B. beim Betrachten einer bestimmten Farbe werden wir vorübergehend abgestumpft gegen dieselbe. Der in solcher Weise einseitig ermüdete Nerv ist aber noch empfänglich für Reize anderer Qualität, z. B. für einen, den Nerven vom Centrum gegen seine Peripherie durchziehenden, elektrischen Strom, wenn er vorher durch einen Strom entgegengesetzter Richtung „ermüdet" war.

Die Spekulation ist in der Pathologie und Physiologie mit eingehenden Betrachtungen über die verschiedenen Zustände der Erregbarkeit seit den Zeiten Browns' und der sog. Erregungstheorie der Empirie und Detailforschung vorangeeilt. Betrachtungen der Art waren an sich gerechtfertigt, nicht aber deren vor-

eilige Verwendungen zu medizinischen Systemen und durchgreifenden, willkürlichen Klassifikationen der Krankheiten je nach den verschiedenen Categorien der Erregbarkeit. Die heutige Wissenschaft setzt an die Stellen solcher allgemeiner — formell wie gesagt tadelloser — Erwägungen, speciellere Erfahrungsthatsachen aus der allgemeinen Physiologie der motorischen und sensibeln Nerven, der Muskeln, Sinne und der thierischen Elektricität, auf welche wir an den geeigneten Stellen zurückkommen werden.

70. Stoffwechsel im Nervensystem.

Der sog. Axencylinder der Nervenfaser giebt die mikrochemischen Reaktionen der Eiweisskörper, das Nervenmark die der Fette und Eiweisskörper; die chemische Grundsubstanz der Nervenscheide ist nicht bekannt. Die weisse Substanz des Gehirnes besteht aus: Wasser (63—70%), Fette (15—20%), und zwar betheiligen sich an diesem bemerkenswerthen Fettgehalt Elain, Margarin, Cholesterin, Cerebrin und Lecithin), Eiweisskörper (8 — 10%) und unorganische Bestandtheile (1,8 %). Die graue Substanz des Gehirnes ist reicher an Wasser und ärmer an Fetten und Eiweisskörpern (Schlossberger), ein Unterschied, der jedenfalls nicht einzig aus dem grösseren Reichthum derselben an Bindegewebe erklärlich ist. Die periphere Nervensubstanz zeigt grosse proportionale Variationen ihrer Bestandtheile (v. Bibra), offenbar zum Theil in Folge sehr veränderlicher Beimischungen accessorischer Elemente (Bindegewebe). Die Stärke des Stoffwechsels in dem Nervensystem, absolut genommen oder im Vergleich zu den übrigen Körperorganen, sowie die Produkte des Stoffwechsels selbst, sind vollkommen unbekannt. Die graue Substanz der Nervencentren ist viel reicher an Capillargefässen als die weisse, die Nervenkörperchen werden desshalb einen stärkeren Stoffwechsel haben, eine Vermuthung, die aus denselben Gründen auch für die in die Gewebe eingesenkten Nervenendigungen gelten kann.

Nach Unterbindung der Bauchaorta in Säugethieren hört fast alsbald die willkürliche Bewegung und hierauf die Empfindung in den hinteren Gliedmaassen auf (Swammerdam). Unmittelbares Galvanisiren der Nervenstämme selbst veranlasst noch nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde Muskelverkürzungen. Wird die Ligatur um die Aorta entfernt, so stellen sich willkürliche Bewegung und Empfindung wieder ein. Die beständige Blutzufuhr ist demnach eine unerlässliche Bedingung zur Erhaltung der Nervenreizbarkeit (s. 95).

71. Nervendurchschneidung.

Unmittelbar nach derselben ist die Leitung vollständig aufgehoben. Nach einer gewissen Zeit (in Säugethieren nach 2—5 Wochen) können sich Zeichen wiederkehrender Leitungsfähigkeit und zwar zuerst der Empfindung, später der willkürlichen Bewegung, einstellen, ja die Störung kann allmälig vollkommen ausgeglichen werden. In anderen Fällen dauert die Lähmung fort. Die Heilung mag eintreten oder nicht, immer entarten, wie zuerst Nasse zeigte, die Nervenfasern und zwar nach Waller's Entdeckung, in ihrem ganzen Verlauf unterhalb der Schnittstelle, bis nahe zu ihren letzten Endausbreitungen. Zunächst gerinnt das Nervenmark, wobei es sich der Quere nach in kleine, krümelige Stücke theilt; diese bilden sich zu Aggregaten feinster Fettkörnchen

um, welche dann schliesslich der Aufsaugung anheimfallen. Die Entartung betrifft vorzugsweise das Nervenmark, weniger den Axencylinder, gar nicht die Faserscheide (Schiff). Desshalb ist die entartete Faser schliesslich eine marklose Nervenscheide, mit einem Axencylinder als Inhalt, der, nach Schiff, wenigstens in seiner äussern Form enthalten bleibt. Die marklosen Endtheilungen der Nervenfasern würden demnach keine sichtbare Entartung ihres Inhaltes erleiden.

Die Entartung erfolgt um so langsamer, je schwächer der Stoffwechsel ist also z. B. in Fröschen oder bei Säugethieren im Winterschlaf viel langsamer als in Warmblütern überhaupt, wo sie schon am vierten Tag beginnt (Schiff). Diese Entartung ist nicht zu verwechseln mit den bald nach dem Tode erfolgenden Veränderungen der Nervenfaser, sie stellt im Gegentheil, bei erhaltener Blutzufuhr zum Nerven, eine besondere, pathologische Form des Stoffwechsels der Nervenfaser dar, wobei offenbar gewisse Regulatoren der regelmässigen Nervenernährung nicht zur Wirksamkeit gelangen. Das oberhalb der Schnittstelle gelegene Nervenstück entartet nicht, nach Waller, sodass die Vorstellung eines Einflusses der Nervencentren auf die Ernährung der von ihnen ausstrahlenden Nervenfasern nicht abzuweisen ist. Die äusseren Bedingungen, geschweige denn das Wie dieses Einflusses sind noch nicht bekannt.

72. Regeneration der Nervenfaser.

Schon die Zeichen der wiederkehrenden Leitungsfähigkeit nach Nervendurchschneidungen sprechen für schnelle Regeneration der Nervenfasern im Säugethier. Mannigfache chirurgische Erfahrungen bestätigen das auch für den Menschen. Einfache Schnittwunden heilen am schnellsten; aber selbst ausgeschnittene Stücke über 2 Zoll Länge (z. B. im Vagus der einen Halsseite des Hundes) können nach Schiff nach einigen Monaten wieder ersetzt sein. Ueberschreitet aber der Substanzverlust eine gewisse Grösse, so erfolgt die Verbindung nur mittelst bindegewebiger Stränge. Nach dem vorigen § kann die Regeneration in keiner einfachen Verbindung der Schnittenden bestehen, sondern es handelt sich, da die Nervenfasern unterhalb der Schnittstelle in ihrem ganzen Verlauf marklos geworden sind, mindestens um den Ersatz des Markinhaltes.

Nach Schiff verbinden sich zuerst die einander entgegenwachsenden Scheiden der Nervenfasern; hierauf entstehen in den neugebildeten Scheidenparthieen die Axencylinder, welche mit den entsprechenden Theilen des oberen und unteren Schnittrandes sich verbinden. Schliesslich bildet sich zwischen Scheide und Axencylinder das Nervenmark, und zwar allmälig in der Richtung gegen die Peripherie.

Die Spannungen der Nerven (bewiesen durch ein schwaches Zurücktreten der Schnittstellen und durch ein geringes Aufquellen der beiden Schnittenden) wären einer besonderen Prüfung nicht unwerth. Die Durchschneidung eines Ganglions kommt ebenfalls zur Verheilung, wobei die Leitungsfähigkeit sich wieder einstellt. Die etwaigen Regenerationen der Nervenkörperchen sind aber unbekannt.

73. Rückenmarksnerven.

Die Nerven werden eingetheilt in Rückenmarksnerven, Hirnnerven und den Sympathicus. Die erstern (31 Paare) sind gemischter Natur, ihre sensibelen Fasern verbreiten sich in die Haut des Hinterkopfes, Halses, Stammes und der Gliedmaassen; die motorischen in die meisten Skeletmuskeln des Halses, in alle des Stammes und der Gliedmaassen, sowie in die Muskelhaut der meisten Blutgefässe.

Jeder Rückenmarksnerv entspringt mit 2 Wurzeln. Die hintere Wurzel ist sensibel und besitzt in einiger Entfernung vom Rückenmark ein Ganglion;

die andere, ganglienlose, ist motorisch, im Querschnitt dünner und mit gröberen Nervenfasern versehen. Die absolute Zahl der Nervenfasern ist somit in den hinteren Wurzeln sehr viel grösser (Kölliker). In Zusammenhang damit mag wohl stehen, dass bei Lähmungen die Beweglichkeit später wiederkehrt als die Empfindlichkeit der Haut.

Erst jenseits des Ganglion vereinigen sich beide Wurzeln zu einem gemeinsamen Stamme, folglich einem gemischten Nerven. Nach dessen Austritt aus seinem foramen intervertebrale spaltet sich jeder Nerv in einen hinteren Ast (zu den Muskeln der Haut der Nachbarschaft) und den stärkeren vorderen Ast (zu den Muskeln und der Haut des seitlichen und vorderen Rumpfes). Ausserdem entlassen zwei bestimmte Regionen des Rückenmarkes gemischte Nerven in die oberen und unteren Gliedmassen.

74. Bell'sches Gesetz.

Bell hat 1811 den Nachweis geliefert, dass die zwei Systeme von Rückenmarksnervenwurzeln durchgreifend verschiedene Funktionen haben. Diese Entdeckung (von Magendie und J. Müller näher verfolgt) hat den weiteren Ausdruck erhalten, dass dieselbe Nervenfaser nicht zweien, ganz verschiedenen Funktionen dienen kann.

Beweise für die motorischen Verrichtungen der vorderen Wurzeln: 1) Reizung derselben (am besten mechanische) setzt Zuckungen bestimmter Muskeln, aber keine Schmerzen. 2) Nach ihrer Durchschneidung tritt nirgends Empfindungslosigkeit ein, dagegen sind die betreffenden Muskeln dem Willenseinfluss entzogen, während 3) nur Reizungen der Wurzel unterhalb (nicht aber oberhalb) der Schnittstelle Muskelzuckungen setzen.

Beweise für die sensible Natur der hinteren Wurzeln: 1) Reizung derselben verursacht lebhafte Schmerzen, 2) nach ihrer Durchschneidung sind die Muskeln dem Willen noch unterthan, dagegen entsteht Empfindungslosigkeit in den betreffenden Hautstellen, während 3) nur Reizungen der Wurzeln oberhalb (nicht aber unterhalb) der Schnittstelle Schmerzen verursachen.

75. Hirnnerven.

Die 12 Paare, welche vorzugsweise zu den Organen des Kopfes und Halses gehen (nur einige haben noch weitere Verbreitungsbezirke), zerfallen in 4 Gruppen:

1) *Ausschliessliche Sinnesnerven:* Olfactorius, opticus, acusticus; mit kurzem, von den übrigen Nerven abweichenden, Verlauf und mit eigenthümlichen Apparaten an ihrer Peripherie (z. B. Stäbchenschicht der Netzhaut) bestimmt zur Aufnahme der Sinnesreize.

2) *Reine Bewegungsnerven:* Oculomotorius, trochlearis, abducens, hypoglossus, accessorius (letzterer zu Muskeln des Hintermundes, Schlundes, Oesophagus, Larynx, zum Sternocleidomastoideus und cucullaris). Facialis (mit 2 Wurzeln entspringend) versorgt die Gesichtsmuskeln, die Kaumuskeln ausgenommen.

3) *Sensibler Nerv.* Hierher wäre der, mindestens weitaus überwiegend sensible Vagus zu rechnen. Longet stellt motorische Fasern des Vagus in Abrede. Er versorgt Schlund, Oesophagus, Magen, Leber, Respirationsapparat und Herz.

4) *Gemischte Nerven,* jedoch mit vorwiegender Sensibilität. Trigeminus: die gangliöse grosse Wurzel ist (jedenfalls ganz überwiegend) sensibel, ihre Fasern vertheilen sich in die vordere und mittlere Kopfhaut, die Nasen- und Mundhöhle. Die kleine, ganglienlose Wurzel versorgt besonders die Kaumuskeln. Glossopharyngeus: verbreitet sich in die Schleimhaut des Schlundes, Hintermundes und der Zunge (Geschmacksfasern), einige motorische Fasern gehen zu Muskeln des Hintermundes und Schlundes.

Die Hirnnerven weichen von dem durchgreifenden, einfachen Schema der Rückenmarksnerven ab, was nicht auffallen kann, da sie eben aus anders angeordneten Nervencentren (meistens aus der Medulla oblongata) entspringen, zum Theil selbst mit einer Anzahl von Wurzelfäden; ja sogar die Ganglien, die manche derselben besitzen, lassen mit denen der Rückenmarksnerven keinen direkten Vergleich zu. Vagus und accessorius zusammengenommen wurden früher mit den Rückenmarksnerven verglichen; am ehesten wäre das gestattet beim Trigeminus.

76. Sympathicus.

Derselbe ist ausgezeichnet durch die Feinheit vieler seiner Nervenfasern, die zahlreichen Geflechtbildungen und Ganglien und seine vielfachen Verbindungen mit den übrigen Nerven (die 3 ausschliesslichen Sinnesnerven ausgenommen). Die Beschreibung geht am besten von dem paarigen, längs der Wirbelsäule herablaufenden, Grenzstrang aus. Dieser verbindet sich direkt mit einigen Hirn- und (durch die Rami communicantes) mit allen Rückenmarksnerven, ausserdem aber stehen Zweige des Grenzstranges vielfach mit Hirn- und Rückenmarksnerven, zum Theil durch starke Plexusbildungen, in Verbindung. Die Ursprünge und Verlaufsweisen der Fasern des Sympathicus sind schwer zu ermitteln, am ehesten giebt der physiologische Versuch unter Umständen Aufschlüsse. Jedenfalls zeigt gerade dieser Nerv im höchsten Grad die Eigenschaft der Nervenstämme und Aeste überhaupt, als Bahnen zu dienen, in welchen Fasern verschiedener Qualität und verschiedenen Ursprunges, in verschiedenen Richtungen eintreten, um nach kürzerem oder längerem Verlauf wieder auszutreten. Man kann mit Sicherheit unterscheiden: 1) äussere Quellen des Sympathicus. Viele der in den Rami communicantes enthaltenen Fasern verlaufen in der That vom Rückenmark zum Grenzstrang; Budge wies z. B. nach, dass ein Theil der in der Halsportion des Grenzstranges enthaltenen Fasern nach aufwärts steigt und dass deren Centrum im unteren Halstheil des Rückenmarks ist. 2) Innere Quellen des Sympathicus. In den Ganglien findet unzweifelhaft eine Faservermehrung statt; die Ganglien haben also die Bedeutung von Centralorganen. Die sympathischen Fasern sind demnach, was auch durch die physiologischen Erfahrungen bestätigt wird, weder durchaus abhängig vom centralen Nervensystem, noch stellen sie ein eigenes, in sich abgeschlossenes Nervensystem dar.

77. Funktionen des Sympathicus.

Die Verbreitungsbezirke der sympathischen Fasern sind besonders die Wandungen der Blutgefässe und viele Eingeweide, namentlich das Herz, die Apparate des Athmens, der Verdauung, Harnbereitung; die Milz und die inneren Genitalien. Die sensibeln Fasern vermitteln im Normalzustand keine Empfindung; jedoch können bei verschiedenen Erkrankungen mancher, vom Sympathicus versorgten Organe, oder bei direkter experimenteller Reizung, sehr lebhafte Schmerzen auftreten. Die motorischen Fasern sind dem Willen durchaus entzogen; sie versorgen die sog. organischen Muskelfasern (84), deren Verkürzungen ausgezeichnet sind durch eine gewisse Langsamkeit und durch ihr Fortbestehen auch nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes. Endlich vermittelt der Sympathicus Wirkungen, die zum Theil als direkte Ernährungseinflüsse angesehen werden dürfen.

Alle Functionen des Sympathicus erfolgen übrigens nach dem allgemeinen Schema der Nervenfunctionen; wir werden ihnen bei den Einzelverrichtungen des Körpers vielfach begegnen und haben keinen Grund, ihre, je nach den Einzelfunctionen vielfach variirenden Leistungen hier zusammenzustellen.

B. Allgemeine Physiologie der motorischen Nerven und der Muskeln.

78. Reize.

Nach Erregung motorischer Nerven tritt Verkürzung der zugehörigen Muskeln ein. Als Reizmittel können wirken: mechanische Eingriffe (Drücke, Zerrungen u. s. w.), Wärme, Elektricität (128) und viele chemische Verbindungen. Letztere wirken vermöge ihrer Imbibitionsfähigkeit oder ihrer chemischen Affinität zur Nervensubstanz, zunächst aber jedenfalls durch die Structurveränderungen, welche sie hervorrufen. Eckhard theilt sie, nach der Grösse der erzeugten Muskelzuckungen, ein in stark wirkende (kaustisches Kali und Natron, unorganische Säuren, Alkohol), schwach wirkende (z. B. Salze der Alkalien) und nichtwirkende (fette Oele, manche Metallsalze). Die meisten chemischen Körper (z. B. Säuren) wirken, direkt auf den Muskel angebracht, stärker. Manche, auf die Nerven nicht wirkende, erregen den Muskel heftig, z. B. viele Metallsalze; wogegen Alkohol und Kreosot gerade umgekehrt sich verhalten (Kühne).

79. Ort der Erregung.

Der motorische Nerv ist erregbar an jeder Stelle, doch nimmt nach Pflüger die Erregbarkeit, oder genauer ausgedrückt die Stärke der ausgelösten Muskelzuckungen zu, je mehr die gereizte Stelle des Nerven vom Muskel entfernt ist. Sehen wir ab von zufälligen, nicht im Organisationsplan liegenden, äusseren, den Nerven in seinem Verlauf treffenden Einwirkungen (elektrischen Strömen z. B.), so geschehen im normalen Organismus die Erregungen nur an bestimmten Stellen, nämlich an den Centralpunkten der motorischen Nerven. Darunter versteht man 1) die nicht näher bekannten Localitäten im Gehirn,

ohne deren Integrität die Einwirkung des Willensbefehls auf die Muskeln nicht möglich ist (wir können sie virtuelle Centralpunkte der Willensbewegungen nennen) und 2) die eigentlichen Ursprünge (materiellen Centralpunkte) der motorischen Fasern. Diese können ihre Erregungen empfangen vom Gehirn (Willensbewegungen) oder von sonstigen Stellen des Nervensystems, vielleicht auch von inneren, direkt auf sie einwirkenden Reizen (Unwillkürliche Bewegungen der verschiedensten Categorien und Formen).

80. Leitungsgeschwindigkeit in motorischen Nerven.

Die Muskeln gehorchen dem Willensbefehl mit einer experimentell nicht messbaren Geschwindigkeit. Zwischen dem Beginn der Bewegungsvorstellung und dem Eintritt der Reizung des Nervenursprunges muss ein Zeitminimum liegen, dessgleichen zwischen der Erregung der Peripherie des motorischen Nerven und dem Beginn der Muskelverkürzung; demnach muss die Fortleitung der Erregung durch den Nerven selbst jedenfalls sehr geschwind erfolgen. Frühere hypothetische Vergleiche mit der grossen Geschwindigkeit des elektrischen Stromes u. dgl. sind durch Versuche von Helmholtz beseitigt. Am frischen Nerven-Muskel-Präparat des Frosches fand derselbe eine Secundengeschwindigkeit der Nervenleitung von 80 Fussen. Im Warmblüter ist dieselbe ziemlich grösser.

Die Methode von Helmholtz ist in ihren Grundzügen folgende: Ein senkrecht aufgehängter Muskel ist an seinem unteren Ende mit einem Stift versehen. Letzteres verzeichnet bei ruhigem Muskel eine gerade horizontale Linie auf einen berussten Cylinder, (s. 158) der sich mit gekannter Geschwindigkeit sehr schnell um eine senkrechte Axe dreht. Der zugehörige, möglichst lang auspräparirte Nerv wird an einer, vom Muskel möglichst fernen Stelle durch einen elektrischen Schlag gereizt; der Muskel verkürzt sich, das Stift beschreibt demnach eine aufsteigende Linie auf den rotirenden Cylinder. Die Erhebung beginnt aber nicht genau a tempo mit der Reizung, deren Eintritt ebenfalls auf den Cylinder verzeichnet werden kann, d. h. die Horizontale wird, obgleich der Nerv schon gereizt ist, noch ein Zeitminimum a hindurch beschrieben, ehe das Stift sich erhebt. Dann wird eine, dem Muskel nähere Stelle des Nerven gereizt; die (dem Zeitraum b entsprechende) Horizontale zwischen Beginn der Nervenreizung und der Erhebung des Stiftes ist jetzt kürzer, weil die Erregung durch eine kürzere Nervenstrecke fortgeleitet wird. Die (sehr grosse) Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders ist bekannt, die Linie a—b ist also = der Zeit, innerhalb welcher die Nervenerregung fortgepflanzt wird durch die Strecke zwischen den 2 Reizungsstellen des Nerven. Vorausgesetzt wird hierbei allerdings, dass die Leitungsgeschwindigkeiten genau dieselben seien im ganzen Verlauf des Nerven.

81. Nervendurchschneidung.

Diese beseitigt den Willenseinfluss auf die zugehörigen Muskeln. Reizungen aber des Nerven unterhalb der Schnittstelle bewirken Muskelverkürzungen. Diese werden jedoch schon nach 24 Stunden ziemlich schwächer und bleiben im Säugethier etwa vom vierten Tag an aus; die Entartung (71) des Nerven folgt dann bald nach. Die Erregbarkeit geht früher verloren 1) in den Stämmen des Nerven (Ritter), 2) in Warmblütern gegenüber den Kaltblütern und in letzteren in der Wärme früher als in der Kälte, 3) beim häufigen Galvanisiren des Nerven (Schiff).

Es scheint, dass überhaupt das Absterben der Nervenerregbarkeit immer dann langsamer eintritt, wenn der Stoffwechsel im Nerven geringer ist. Die Nerven in gelähmten Gliedern sterben langsamer ab als in nicht gelähmten.

82. Muskelzustand nach der Nervendurchschneidung.

Der Muskel, direct (z. B. electrisch) gereizt, verkürzt sich, wenn von seinem durchschnittenen Nerven aus keine Zuckung mehr hervorgerufen werden kann, ja bei vollständig entarteten Nervenfasern kann die Erregbarkeit der Muskeln noch 2, selbst 3 Monate lang fortbestehen; sie zucken, wenn auch sehr viel schwächer, immer noch, wenn sie direct gereizt werden.

Solche Muskeln werden meistens früher oder später magerer, viele ihrer Fasern erleiden eine Fettumwandlung, sowie auch Fettmassen zwischen den Fasern abgelagert werden. Schiff hat in einzelnen Fällen noch nach einem Jahr schwache, partielle Zuckungen an solchen gelähmten Muskeln nach direkten Reizungen wahrgenommen.

83. Beziehungen der Muskeln zum Willen.

Die Muskeln zerfallen in dieser Hinsicht in 2 Gruppen: 1) Willkürliche: die Haut- und Skeletmuskeln, Zwerchfell, Muskeln der Zunge, des Gaumens, Rachens, Kehlkopfes, Afters, Penis und der Harnröhrenschliesser. 2) Unwillkürliche: Dem Willen unter allen Umständen entzogen sind: Herz, Muskulatur des Dauungsschlauches, die contractilen Elemente der Drüsenausführungsgänge, Regenbogenhaut, Gebärmutter. — Die willkürlichen Muskelfasern besitzen Querstreifen, welche den unwillkürlichen, das Herz ausgenommen, fehlen.

Der Wille beherrscht 1) das Eintreten der Zusammenziehung und Erschlaffung, also genau die Dauer der Zusammenziehung, und zwar so, dass der Muskel dem Willensbefehl, in oder ausser Thätigkeit zu kommen, schnellstens gehorcht.

2) Die Stärke der Zusammenziehung. Wir kennen nämlich aus Erfahrung den Grad der Anstrengung, den wir machen müssen, um eine gewisse Bewegung auszuführen oder eine bestimmte Last zu heben.

3) Die Isolation des Willenseinflusses auf einen oder eine beliebige Zahl von Muskeln. Dieses Vermögen hat aber seine Grenzen. Man nennt Bewegungen, die zugleich mit den beabsichtigen Bewegungen gegen unseren Willen erfolgen, Mitbewegungen. Sie kommen besonders vor bei Muskeln, die gewöhnlich oder doch häufig zusammenwirken, bei sehr anstrengenden Bewegungen; im höchsten Grad aber in gewissen Nervenkrankheiten, namentlich dem St. Veitstanz, wo die einfachsten Bewegungen durch Dazwischenkunft anderweitiger Muskeln gestört werden.

84. Animalische und organische Muskeln.

Viele Muskeln ziehen sich, wenn sie gereizt werden, augenblicklich zusammen und erschlaffen eben so schnell nach Aufhören der Reizung. Ed. Weber nennt sie Muskeln der animalen Bewegung; sie besitzen dickere, mit Querstreifen versehene, sog. Primitivbündel. Hierher gehören alle willkürlichen Muskeln und das Herz.

Die Muskeln der organischen Bewegung (glatte Muskelfasern) ziehen sich nicht sogleich nach Beginn der Reizung zusammen, und verharren in der Zusammenziehung noch eine gewisse Zeit nach Aufhören des Reizes. Dieselben

sind also charakterisirt durch eine gewisse Langsamkeit der Bewegung. Hierher gehören alle unwillkürlichen Muskeln, das Herz ausgenommen.

Dasselbe Organ kann bei verschiedenen Thierklassen animale oder organische Muskeln und somit die entsprechenden Bewegungsweisen besitzen; die Iris der Säugethiere z. B. zeigt organische, die der Vögel animale Bewegung.

85. Gestaltveränderungen des thätigen Muskels.

a. Verkürzung. Auspräparirte Muskeln reizbarer Frösche können sich, wenn die Ströme des Inductions-Apparates durch sie geleitet werden, nach E. Weber um 50—60, ja in einzelnen Fällen um mehr als 80 % ihrer Länge verkürzen. Diese ungeheuren Verkürzungen kommen aber im Körper nicht vor, weil 1) die antagonistischen Muskeln, die nunmehr gedehnt werden, allzustarken Verkürzungen grosse Widerstände entgegensetzen, und 2) die Gelenkverbindungen den gegenseitigen Annäherungen der Knochen bestimmte Grenzen setzen.

Die Grösse der Verkürzung hängt ab: 1) von der absoluten Länge der Muskeln; bei 2-, 3- u. s. w. facher Länge sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, die absoluten Verkürzungen 2-, 3 mal grösser; die % Verkürzungen aber bleiben gleich bei verschieden langen Muskeln (Borelli); 2) vom Ermüdungsgrad; je ermatteter der Muskel, desto geringer sind seine Verkürzungen. Die Dicke (Querschnitt) des Muskels ist ohne Einfluss auf die Verkürzung (Borelli).

Bei der Verkürzung ist die Muskelfaser in ihrer ganzen Länge betheiligt. Schiff beschrieb eine eigenthümliche partielle Verkürzung der Faser. Streicht man nämlich mit dem Scalpellstiel über einen, nicht mehr allzu reizbaren Muskel eines getödteten Thieres und zwar am besten rechtwinkelig zum Faserverlauf, so erheben sich die Strichstellen und deren Nachbartheile zu einem Wulst, der nach einigen Minuten langsam verschwindet. Während der Bildung des Wulstes verlaufen nach beiden Seiten einige Contractionswellen bis zu dem Ende des Muskels, um wieder zum Wulst zurückzukehren. Die Erscheinung wird begünstigt durch eine gewisse Abnahme der Reizbarkeit; Muskeln Hingerichteter zeigen sie selbst nach einer Reihe von Stunden, wenn der Galvanismus vollständig wirkungslos bleibt. Das Eigenthümliche des Phaenomens und dessen (für die Muskelphysiologie vielleicht sehr bedeutsames) Verhältniss zu der gewöhnlichen Muskelverkürzung dürfte erst dann einer Analyse zugänglicher sein, wenn es unter möglichst variabeln Nebenbedingungen studirt worden ist.

b. Dickerwerden. Zugleich mit der Verkürzung wird der thätige Muskel dicker; doch compensirt die Dickezunahme nicht vollständig die Verkürzung, also tritt ein eine

c. Volumabnahme des Muskels. Diese schon von den Physiologen des 17. Jahrhunderts angenommene Veränderung ist aber so gering, dass sie nur mit feinen Hülfsmitteln wahrnehmbar wird (Ermann).

E. Weber hängt den auspräparirten Muskel senkrecht an einem Stativ auf und liest die Verkürzungsgrade ab an einer auf letzterem befindlichen Scala. Sehr zweckmässig können die Verkürzungen auch mittelst eines Stiftes auf ein berusstes Papier unmittelbar verzeichnet werden. — Ermann brachte den Muskel in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, das oben in eine feine graduirte Röhre überging. Nach Reizung des Muskels sank das Wasser in der Röhre um ein Minimum. Dieser Versuch sagt selbstverständlich nichts aus über die Volumverhältnisse des blutführenden unversehrten Muskels.

86. Gestaltveränderungen des thätigen Muskels bei Widerständen.

In dem so eben betrachteten Falle fand der Muskel bei seiner Zusammenziehung keinen Widerstand. Diese Bedingung kommt aber im Körper nicht vor, denn die Muskeln haben zu überwinden das Gewicht der Körpertheile, die sie bewegen, sowie den Widerstand ihrer nunmehr gedehnten Antagonisten, ganz abgesehen von den nach aussen übertragenen mechanischen Leistungen, z. B. Heben von Gewichten. Stehen dem thätigen Muskel Widerstände entgegen, so sind 2 Fälle möglich:

1) Die Widerstände sind nicht zu überwinden. Der Muskel kann sich jetzt nicht verkürzen; wohl aber geräth er in Spannung, er wird derb und fest.

2) Die Widerstände können überwunden werden. Die Verkürzungen sind ausnahmslos geringer als beim Fehlen der Widerstände. Die Stärke der Verkürzung nimmt ab 1) mit zunehmender Grösse des Widerstandes. E. Weber erhielt z. B. an einem im unthätigen Zustand 45 M. m. langen Froschmuskel eine Verkürzung um etwa die Hälfte seiner Länge bei 5 Grammen Belastung, dagegen bloss um $^1/_3$ bei 30 Grammen Belastung. 2) Mit zunehmendem Ermüdungsgrad. Der ermüdete Muskel kann kleine Gewichte verhältnissmässig noch am besten, grosse aber gar nicht mehr heben; es kann z. B. der Verkürzungsgrad bei 5 Grammen Belastung $^1/_3$, bei 30 Gramm dagegen bloss noch $^1/_{30}$ betragen.

Die Versuchsmethode besteht darin, dass man an das untere Ende einer senkrecht aufgehängten, frischen Froschmuskels eine kleine Waagschale befestigt und dieselbe mit Gewichten belastet, während der Muskel durch die Schläge des Inductionsmaschine anhaltend verkürzt wird.

87. Formen der Muskelverkürzungen.

Die Verkürzungen bieten verschiedene Formen je nach Zeitdauer, Aufeinanderfolge und Stärke der einzelnen Reizungen. Unter allen Muskel- und Nervenreizen ist die Elektricität der geeignetste, weil man dieselbe sowohl zeitlich als räumlich am besten in der Gewalt hat. Es können folgende Fälle unterschieden werden:

I. Ein momentaner elektrischer Schlag. Die Dauer eines solchen kann sehr kurz sein, z. B. $^1/_{1000}$ einer Secunde. Die Verkürzung, welche nicht sogleich beginnt (80), geschieht nicht gleichmässig, sondern mit zunehmender, später wieder abnehmender Geschwindigkeit. Nach erreichtem Maximum der Verkürzung erfolgt die Verlängerung. Der ganze Vorgang bis zur Wiedergewinnung der früheren Form nimmt etwa $^1/_4$ Secunde in Anspruch. Das Maximum der jedesmaligen Verkürzung wird schneller erreicht vom nicht ermüdeten Muskel, bei kleineren Verkürzungen und dem Anhängen geringerer Lasten.

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse dient der auspräparirte Froschmuskel und das, unter 80, beschriebene graphische Verfahren. Mit Obigem ist übrigens nicht gesagt, dass $^1/_4$ Secunde die Minimalzeit einer Verkürzung und Wiederverlängerung der Muskeln sei; wir vollführen eine Menge willkürlicher Bewegungen von merklich kürzerer Dauer.

II. Zwei momentane Schläge. Wenn 2 Schläge, von denen jeder für sich das Maximum einer momentanen Reizung zu Stande bringt, auf den Muskel wirken, so sind folgende Fälle möglich (Helmholtz):

1) Der zweite Schlag kommt zur Wirkung, genau nach Beendigung der Wirkung des ersten Schlages. Man hat dann zwei Verkürzungen.

2) Der zweite Schlag gelangt zur Wirkung während der Wirkung des ersten Schlages, d. h. während der Muskel sich verkürzt oder wieder verlängert. Dann addirt sich die dem zweiten Schlag entsprechende Verkürzung zu dem gerade vorhandenen Verkürzungsgrad des Muskels.

3) Der zweite Schlag kommt zur Wirkung, wenn die dem ersten Schlag entsprechende Zuckung eben beginnt, d. h. der zweite Schlag folgt sehr schnell (mindestens nach $\frac{1}{600}$ Secunde) auf den ersten. Die Verkürzung ist jetzt nicht grösser als bei einem einzigen Schlag.

III. Schnell auf einander folgende zahlreiche Schläge. Der Muskel hat keine Zeit, zwischen den Einzelschlägen zu erschlaffen; er verharrt in anhaltender Verkürzung, im Tetanus.

88. Vorbemerkungen über Muskelelasticität.

Ein elastischer Körper, z. B. ein Kautschukfaden, zeigt, wenn keine äusseren Kräfte auf ihn wirken, eine gewisse Form, seine „natürliche Form". Wird aber ein Zug auf ihn ausgeübt, z. B. durch Anhängen eines Gewichtes, so verlängert er sich; die Theilchen entfernen sich jetzt etwas von einander, wodurch ihre elastischen Kräfte in Anspruch genommen werden und zwar um so mehr, je mehr der Körper von seiner natürlichen Form entfernt wird. Diese elastischen Kräfte reagiren wiederum auf die Befestigungspunkte des Körpers mit einer Kraft, welche gleich ist der dehnenden Kraft. Wird das angehängte Gewicht weggenommen, so gewinnt der Körper seine frühere Form; wird aber bloss ein Theil der Gewichte entfernt, so verkürzt er sich um ein Gewisses, d. h. er hebt den Rest der Gewichte auf eine gewisse Höhe.

Man unterscheidet 1) Vollkommenheit der Elasticität: der Körper nimmt nach aufhörender Dehnung genau wieder seine frühere natürliche Form an, eine Eigenschaft, die dem Muskel ohne wesentlichen Fehler zugeschrieben werden kann; 2) Grösse der Elasticität: Manche Körper geben schon geringen Zugkräften nach, sie üben desshalb auch auf ihre Befestigungspunkte nur geringe elastische Kräfte aus; andere dehnen sich schwerer aus, z. B. ein Stahldraht. Den ersteren schreibt man eine geringe, den zweiten eine grosse Elasticität zu.

Das Gewicht, welches einen Körper von der Querschnittseinheit (z. B. 1 □ Centimeter) um das Doppelte seiner natürlichen Form ausdehnt, nennt man Elasticitätsmaass. Um letzteres zu finden, hängt man den Körper an einem graduirten Stativ senkrecht auf und misst dessen natürliche Länge. Hierauf wird an das untere Ende des Körpers eine Wagschale befestigt und dieselbe der Reihe nach belastet, unter gleichzeitiger Messung der entsprechenden Dehnungen. Der Muskel nimmt nach erfolgter Belastung die entsprechende Dehnung schnell an, erst später und allmälig erfolgt noch eine zweite geringe Dehnung (Wundt), von der jedoch hier abgesehen werden kann.

89. Elasticität des unthätigen Muskels.

Die Muskeln sind im Körper auch im unthätigen Zustand etwas gespannt; nach Durchschneidung einer Sehne weichen die Schnittflächen in der That ein wenig auseinander. Die Spannung der unthätigen Muskeln ist übrigens relativ schwach, sodass wir gewohnt sind, dieselben als schlaff zu bezeichnen.

Die Spannung des unthätigen Muskels ist wichtig für seine Funktion. Wäre derselbe gar nicht gespannt, so müsste er, wenn er in Thätigkeit kommt, zuerst einen gewissen Spannungsgrad erlangen und würde dann erst im Stande sein, den Knochen zu bewegen.

Die elastischen Kräfte der unthätigen Muskeln werden im Körper in Anspruch genommen, wenn deren Antagonisten sich verkürzen; dagegen gewinnen, beim Nachlass der Thätigkeit der Antagonisten, die gespannten, unthätigen Muskeln wieder ihre frühere Form.

Die unthätigen Muskeln werden (wie die weichen thierischen Gewebe überhaupt, nach Wertheim) schon durch kleine Gewichte stark gedehnt, ihre Dehnungen nehmen aber bei grösseren Belastungen rasch ab.

Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel (hyoglossus) folgende Werthe:

Belastung in Grammen.	Muskellänge in Millimetern.	Ausdehnung	
		in Millim.	Procentige.
0,3	24,9	—	—
1,3	30,0	5,1	20
2,3	32,3	2,3	7
3,3	33,4	1,1	3
4,3	34,2	0,8	2
5,3	34,6	0,4	1

Wäre der unthätige Muskel begabt mit „grosser" Elasticität, so würde er seinen Antagonisten einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen und dieselben zu unnöthigem Kraftaufwand veranlassen. Auch würde nach Aufhören der Wirkung des Antagonisten der gedehnte unthätige Muskel mit grosser Kraft seine frühere Form einnehmen und die Glieder müssten demzufolge kräftige, schnellende, also in hohem Grade störende, Bewegungen ausführen.

90. Elasticität des thätigen Muskels.

Die Muskeln werden nach Ed. Weber dehnbarer, d. h. ihre elastischen Kräfte nehmen ab, im Zustand der Thätigkeit. Diese Erscheinung bietet unmittelbar der bis auf einen gewissen Grad ermüdete Muskel; wird an ihn ein stärkeres Gewicht angehängt, so verlängert er sich in der That, statt sich zu verkürzen, wenn er gereizt wird.

Hängt man an den thätigen Muskel successiv neue, aber gleiche Gewichte an, so nimmt die in Procenten seiner Länge ausgedrückte Dehnung immer mehr zu; bis zu einem Punkt, wo der Muskel die geringste Elasticität zeigt, d. h. wo das Hinzufügen eines neuen Gewichtes den Muskel relativ am meisten dehnt. Z. B. ein mit 5 Grammen beschwerter Muskel erhielt weitere 5 Gramme zugelegt, er dehnte sich um 3 %; während er, bei 25 Grammen Belastung, nach Hin-

zufügen von neuen 5 Grammen um 12 $^0/_0$ sich dehnte. Von diesem Maximum der Dehnbarkeit an bewirkten neue Auflagerungen wieder geringere Dehnungen; z. B. bei 30 Grammen Belastung weitere 5 Gramme bloss 8 $^0/_0$ Verlängerung. Dieser Wendepunkt erscheint um so früher, je mehr der Muskel ermüdet ist.

Da die elastischen Kräfte des thätigen Muskels abnehmen, so kann derselbe ein geringeres Gewicht heben, als er heben könnte, wenn er sich verkürzen würde ohne Verringerung seiner Elasticitätsgrösse.

In obiger Darstellung ist der kürzeste Ausdruck gewählt, um die elastischen Erscheinungen des thätigen Muskels zu schildern. Da aber die natürliche Länge und Elasticität des thätigen Muskels von Augenblick zu Augenblick sich ändert, so ist es praktisch unthunlich, den kontrahirten Muskel (wie das beim unthätigen geschieht) durch verschiedene Gewichte der Reihe nach dehnen zu lassen. Weber glaubt, es führe zu demselben Ziel, wenn man den, durch verschiedene Gewichte gedehnten, unthätigen Muskel sich kontrahiren lässt. Man hat dann in den Längen, welche der thätige Muskel bei verschiedenen Belastungen zeigt, die Werthe zur Berechnung seiner Dehnbarkeit.

Innere Gründe sprechen für die Richtigkeit des Weber'schen Gesetzes, dass im thätigen Muskel der Elasticitätsmodul abnimmt. Doch soll damit nicht behauptet werden, dass der Modul so bedeutend abnimmt, als Weber fand. Volkmann wendet gegen Weber's Verfahren ein, dass der unthätige Muskel durch das Gewicht schon gedehnt sei, also sich zuerst verkürzen müsse, um nur seine frühere Form zu erlangen, worauf erst die weitere Verkürzung folgt; der Muskel werde also zu sehr ermüdet. Brachte Volkmann unter dem Gewicht eine, die Dehnung des Muskels verhütende Stütze an, und reizte er dann den Muskel, so wurde das Gewicht höher gehoben, d. h. die Dehnbarkeit des thätigen Muskels war geringer als beim Weber'schen Verfahren.

91. Nutzeffekt der Muskelthätigkeit.

Jndem der sich verkürzende Muskel ein Gewicht hebt, vollbringt er, wie eine Arbeitsmaschine, einen mechanischen Effekt. Der Nutzeffekt einer einmaligen Verkürzung ist = gehobenes Gewicht mal Hubhöhe (Muskelverkürzung). Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel folgende Werthe:

	Gehobene Last in Grammen:	Hubhöhe in Millimet.:	Nutzeffekt in Gramm-Millimet.:
a.	5	27,6	138
b.	15	25,1	376
c.	25	11,45	286
d.	35	6,3	220

d. h. 138 Gramm-Millimeter sind = dem Heben eines Gewichtes von 5 Grammen auf 27,6 Millimet. oder von 27,6 Grammen auf 5 Millimet. u. s. w.

Der Nutzeffekt wächst mit der Belastung, erreicht dann ein Maximum (bei b.) und wird mit weiteren Belastungen zunehmend kleiner. Ausserdem fand Ed. Weber, dass ein specieller Muskel das Maximum seines Effektes bei einer bestimmten Belastung, ein anderer Muskel bei einer anderen Belastung ausübt. Ein ermüdeter Muskel z. B. verkürzt sich bei schwacher Belastung verhältnissmässig noch am besten; hierher fällt das Maximum seines Effektes; starke Lasten kann er gar nicht mehr heben, also unter solchen Umständen keinen Nutzeffekt mehr vollführen.

Die Muskeln können aber nicht beständig arbeiten, desshalb müssen, bei der Vergleichung der Nutzeffekte, ihre Ruhezeiten mit eingerechnet werden.

Man gibt desshalb an, welches der Nutzeffekt aller innerhalb 24 Stunden vollführter Muskelverkürzungen ist.

Der Arbeiter gehorcht diesem Gesetz instinktmässig. Soll er Tag für Tag den möglichsten Nutzeffekt erreichen (s. 286), so belastet er sich bei jeder Einzelbewegung nur mit einer bestimmten Last, lässt die Bewegungen in bestimmten Zwischenräumen auf einander folgen und sorgt für eine gehörige Vertheilung der längeren und kürzeren Ruhezeiten.

92. Statische Kraft des Muskels.

Der unthätige Muskel, mit Gewicht belastet, wird verkürzt; der thätige Muskel dagegen hebt das Gewicht; bei einem bestimmten Gewicht aber vermag der thätige Muskel dasselbe nicht zu heben, andererseits aber das Gewicht den thätigen Muskel nicht zu verlängern. Der thätige Muskel hat nunmehr dieselbe Länge, wie in seinem unthätigen, durch kein Gewicht beschwerten Zustand; mit anderen Worten: das Gewicht ist jetzt im Gleichgewicht mit dem thätigen Muskel. Dieses Gewicht ist das Maass der sog. statischen Kraft des Muskels (Ed. Weber). Z. B. ein im unthätigen Zustand 25 M. m. langer Froschmuskel wurde, mit verschiedenen Gewichten belastet, gereizt. Er hob die Gewichte; bei 36,2 Gramm. Belastung war er aber, trotz seiner Thätigkeit, wiederum 25 M. m. lang. Der Muskel hatte einen Querschnitt von 0,052 □ C. M., also war seine statische Kraft für 1 □ C. M. Querschnitt = 692 Grammen. Ziemlich übereinstimmende Werthe ergaben andere Muskeln.

93. Ermüdung.

Die Muskelthätigkeit führt in ihrem Verlauf zu entsprechenden Ermüdungsgraden. Diese sind bei demselben Muskel um so grösser, je stärker die Verkürzungen, je öfters sie sich wiederholen und je bedeutender die zu überwindenden Widerstände sind. Endlich hängt der Grad der Ermüdung von den nicht näher gekannten (ohne Zweifel in den Ernährungsverhältnissen derselben vorzugsweise begründeten) Zuständen der motorischen Nerven und der Muskeln selbst ab.

Der muskelstarke Mensch ermüdet später, der schwächliche früher und nach geringeren Arbeiten; in vielen Krankheiten, z. B. Fiebern, befindet sich die Muskulatur der Gliedmassen, ohne gearbeitet zu haben, in anhaltenden Zuständen von Leistungsunfähigkeit, welche selbst den vorübergehenden höchsten Ermattungsgraden des überangestrengten normalen Muskels ähnlich sein können.

94. Muskeltonus.

Man hat vielfach angenommen, auch der unthätige Muskel sei in einer beständigen, wenn auch nur sehr schwachen activen, d. h. vom Nerven ausgehenden Contraction begriffen: dem sog. Tonus. Gewöhnlich betrachtete man das Rückenmark als Quelle dieses permanenten Einflusses. Haidenhain widerlegte letztere Ansicht experimentell. Er maass die Muskellänge unter einem gewissen Spannungsgrade (bei einer bestimmten Belastung) und durchschneidet hierauf den zugehörenden Nerven. Der Muskel blieb aber gleich lang; hätte er einen vom Rückenmark bedingten Tonus gezeigt, so müsste er nach der Durchschneidung des Nerven länger geworden sein.

Dem immer noch offen bleibenden Einwand, dass die peripheren Nervenstrecken den Tonus bedingen könnten, sucht Aubert dadurch zu begegnen, dass er den genannten Versuch an Thieren anstellt, die mit Giften behandelt waren, welche die Reizbarkeit der Nervenstämme vernichten (s. 97). Ebensowenig brauchen die Sphinctermuskeln beständig gespannt zu sein. S. 206 (Afterverschluss) und 255 (Harnblasenverschluss). Manchen organischen Muskelfasern, so namentlich den Gefässmuskeln, kann übrigens eine beständige, active Contraction nicht abgesprochen werden (165).

95. Zusammenhang zwischen Ernährung und Reizbarkeit der Muskeln.

Auspräparirte Froschmuskeln bewahren ihre Reizbarkeit am längsten in einer Sauerstoffatmosphäre, weniger lang in der Luft (Humboldt), am wenigsten in sauerstofffreien Gasmischungen.

Der Muskel verschluckt nicht bloss Sauerstoff, sondern giebt auch Kohlensäure ab in die umgebende Atmosphäre (G. Liebig). Die Sauerstoffaufnahme ist aber grösser als die Kohlensäureabgabe; beide nehmen zu, wenn die Muskeln in Contractionen versetzt werden, die Kohlensäureabgabe aber relativ mehr als die Sauerstoffaufnahme (Valentin).

Nach Unterbindung der arteriellen Blutzufuhr wird in Warmblütern der Willenseinfluss auf die Muskeln schnell verrichtet (Swammerdam, Stenon). Die Muskeln werden steif und starr und verlieren nach einigen Stunden ihre Reizbarkeit. Eine nicht zu spät erfolgende Injection von Blut (und damit indirekt von Sauerstoff) in die Gefässe stellt bis zu einem gewissen Grad die Reizbarkeit (Kay), Oeffnen der Ligatur den Willenseinfluss (Stannius) wieder her. Die Hemmung des in den Muskeln sehr regen Stoffwechsels vernichtet demnach schnell dessen Leistungsfähigkeit. Die speciellen Veränderungen der chemischen Constitution der Muskeln in Folge ihrer Thätigkeit sind noch unbekannt.

96. Todtenstarre.

Einige Zeit nach dem Tode werden die Muskeln derb und fest und die Glieder nehmen eine halbgebogene Lage an, wobei sie zugleich so resistent werden, dass Gewalt nöthig ist, um sie zu strecken. Die Starre beginnt, nach Sommer, in den Hals- und Kaumuskeln, geht dann über auf die übrigen Gesichtsmuskeln, die oberen Gliedmassen, den Rumpf und schliesslich auf die unteren Gliedmassen. Das Herz wird frühe starr.

Die Zeitverhältnisse schwanken in hohem Grade. Die Starre tritt ein $^1/_4$ bis selbst 18 Stunden nach dem Tode; ihre Dauer bewegt sich zwischen wenigen Stunden und mehreren (5—6) Tagen. Späteres Eintreten begünstigt im Allgemeinen eine längere Dauer. Das Aufhören der Starre geschieht in derselben Ordnung, wie sie eintrat, d. h. von oben nach unten; die nunmehr erschlafften Muskeln fallen der Fäulniss anheim. Sehr gering und bald vorübergehend ist die Erscheinung häufig in Solchen, die an Verblutung, oder an chronischen, mit bedeutenden Säfteverlusten verbundenen, Krankheiten starben.

Als Haupteigenschaften des starren Muskels sind zu nennen: Verlust der

Reizbarkeit und der elektromotorischen (s. 123) Kräfte; geringere Dehnbarkeit; unvollkommene Elasticität (der gedehnte starre Muskel nimmt nach Aufhören der Dehnung die frühere Form nicht wieder an); geringere Cohäsion (man kann den starren Muskel leichter als den lebenden zum Zerreissen bringen).

Alle diese Eigenschaften variiren übrigens im Verlauf der Starre; letztere ist somit kein stationärer Zustand, sondern ein Process. Auch der starre Muskel nimmt Sauerstoff auf und giebt an die umgebende Atmosphäre Kohlensäure, sowie (was beim reizbaren Muskel nicht der Fall ist) Stickgas ab, doch so, dass die Kohlensäureabgabe im Vergleich zur Sauerstoffaufnahme grösser ist, als beim normalen Muskel (Valentin).

Der Zustand, in welchen die Muskeln durch Aufhebung der Blutzufuhr (95) gerathen, bietet viele Analogien mit der Todtenstarre. Ausserdem werden, nach Pickford, die Muskeln auch beim Eintauchen in warmes Wasser starr und reizlos. Diese Wärmestarre verschwindet aber, unter Wiederherstellung der Reizbarkeit, bald; dessgleichen die durch Abbindung der Blutzufuhr erzeugte Starre, wenn die Ligatur wieder gelöst wird.

Die Ursache der Starre ist jedenfalls im Muskel selbst zu suchen Eine genügende Erklärung gibt es noch nicht. Brücke leitet die Starre ab von einer Gerinnung des vorher flüssigen Muskelfaserstoffes.

97. Haller's Muskelirritabilität.

Seit Haller wurde den Muskeln vielfach das Vermögen zugeschrieben, auch unabhängig von den Nerven, in Verkürzung zu gerathen (sog. Muskelirritabilität) Man stellte demgemäss eine direkte Muskelverkürzung gegenüber der indirekten vom Nerven aus bewirkten.

Als Hauptbeweis für den Haller'schen Lehrsatz galt die Verkürzung bei unmittelbarer Reizung des auspräparirten Muskels. Mit Recht leitete man aber später die Erscheinung ab von Erregungen der im Muskel verzweigten, unversehrt gebliebenen Nervenenden. In derselben Weise sind die Muskelzuckungen zu erklären, welche nach dem Tode in Folge direkter Ansprache der Muskeln eintreten, während die Reizung der Nerven wirkungslos bleibt. Die Nervenerregbarkeit stirbt nämlich, nach Ritter, in der Richtung gegen die Peripherie ab.

Die Streitfrage wurde neuerdings mit immer feineren Hilfsmitteln zu entscheiden gesucht, wobei man sich die Aufgaben setzte 1) die motorische Nervenfaser bis in ihre letzten Verästelungen unwirksam zu machen, bei noch unversehrtem Zustand der Muskelfasern, oder 2) Substanzen aufzufinden, die auf die Nervenstämme gebracht, ohne Wirkung sind, wohl aber Zuckungen auslösen bei direkter Application auf die Muskeln, oder 3) wesentliche Unterschiede aufzufinden zwischen den Zuckungen, je nachdem sie nach direkter Ansprache der Muskeln, oder in Folge von Reizung der Nerven geschehen.

Zum Beweise *für* die Muskelirritabilität im Sinne Haller's wird unter anderem angeführt:

1) Nach Durchschneidung der Nerven entarten die Nervenfasern (71); direkte Reize der Muskeln veranlassen aber immer noch Zuckungen (82). Letztere können jedoch abgeleitet werden von den marklosen Endausbreitungen der Fasern, welche nicht entarten.

2) Das amerikanische Pfeilgift Urari (Curare) lähmt, nach Bernard, die motorischen (nicht aber die sensibeln) Nerven, so zwar, dass die Reizbarkeit derselben abstirbt in der Richtung von der Peripherie gegen das Centrum (Kölliker), während der Muskel selbst noch reizbar ist. Coiin wirkt nach Wundt ebenso.

3) Destillirtes Wasser versetzt, nach Wittich, den Muskel in Zuckung, nicht aber den Nerven in den zuckungserzeugenden Zustand (s. auch 78).

Der Beweis ist, wie gesagt, nicht beizubringen, dass in den zuerst genannten Versuchen die Endausbreitungen der Nerven durch die Versuchsbedingungen ausser Thätigkeit gesetzt worden sind. Eine direkte Erledigung der Streitfrage ist somit vorerst nicht möglich.

C. Funktionen der sensibeln Nerven.

98. Leistungen.

Gegenüber der beschränkten Aufgabe der motorischen Nerven sind die Leistungen der sensibeln höchst mannigfaltig. Oertliche Erregungen der letzteren pflanzen sich gleichfalls fort innerhalb der gereizten Fasern; von diesen aus können die Erregungen schliesslich übertragen werden:

1) Auf das Gehirn. Es entstehen Empfindungen und zwar eigentliche Sinnesempfindungen oder blosse Gemeingefühlswahrnehmungen (s. Sinnesphysiologie).

2) Auf die Ursprünge motorischer Nerven. Es erfolgen unwillkürliche Bewegungen (s. Reflexbewegungen, 107).

Die Erregung kann aber auch innerhalb der gereizten Faser selbst verbleiben; sie wird weder wahrgenommen als Empfindung, noch schlägt sie um in Muskelbewegung; mit einem Wort: es fehlen äusserlich wahrnehmbare physiologische Effekte der Nerventhätigkeit. Das Geräusch z. B., das uns im Schlafe nicht weckt, versetzt gleichwohl den Hörnerven in Thätigkeit.

Die Schilderung der Physiologie der Empfindungsnerven kann, nach dem über die Nerven überhaupt Vorausgeschickten, vorerst ausgesetzt und auf Abschnitt XVII. verwiesen werden.

D. Leitung der Empfindungs- und Bewegungseindrücke innerhalb der Nervencentren.

99. Bau des Rückenmarks.

Das Rückenmark wird durch die vordere und hintere Medianspalte in eine rechte und linke Hälfte getrennt; die Brücke zwischen beiden symmetrischen Hälften wird von der im Centrum des Querschnittes liegenden Commissur hergestellt. Jede Seitenhälfte besteht aus einem Vorder-, Seiten- und Hinterstrang; der erstere entlässt die motorischen, der Hinterstrang die sensibeln Wurzeln der Rückenmarksnerven.

Am Querschnitt des Rückenmarks unterscheidet man die weisse (Rinden-)

und die graue (Mark-) Substanz. Die letztere stellt ein durch das Rückenmark verlaufendes, zusammenhängendes Ganze dar. Sie bildet: 1) die Commissur (nur am Grund der vorderen Medianspalte besteht die Commissur auch aus weisser Substanz, in Folge von Faseraustausch beider Seitenhälften; der hintere Theil der Commissur soll keine Nervenelemente, sondern im Wesentlichen nur (?) Bindegewebe enthalten), 2) jederseits die in ihre gleichnamigen Stränge hereinragenden Vorder- und Hinterhörner.

Die graue Substanz ist ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Nervenkörperchen, von denen jedes Fortsätze ausschickt und zwar: 1) nach Nervenkörperchen derselben oder 2) der anderen Rückenmarkshälfte und 3) in die Fasern der weissen Substanz. Diese wiederum zerfallen, ihrer Richtung nach, in 2 Classen: Quer- und Längs-Fasern. Die Bündel der Querfasern unterbrechen die Längsfaserzüge der weissen Substanz und gehen über in die Rückenmarksnervenwurzeln. Die Fasern der vorderen Nervenwurzeln gehen, nachdem sie die weisse Substanz des Rückenmarkes durchsetzt haben, direkt über in die Nervenkörperchen (der Vorderhörner) der grauen Substanz. Die Fasern aber der hinteren Rückenmarksnervenwurzeln verlaufen nicht sogleich quer durch die weisse Substanz, um die Hinterhörner aufzusuchen; sie sind sehr viel zahlreicher, als die der vorderen Wurzeln und strahlen büschelförmig etwas nach aufwärts, ja selbst theilweis nach abwärts, um jedoch bald in die Hinterhörner einzutreten. Ihre Beziehungen zu den Nervenkörperchen sind weniger sicher erforscht.

Andererseits schicken die Nervenkörperchen Fasern aus, die, aus der grauen Substanz hervortretend, in der weissen als Längsfasern, und zwar nach aufwärts, verlaufen.

100. Nervenkörperchen als Centralorgane.

Aus dem Bisherigen geht hervor:

1) Die Fasern der Rückenmarksnerven setzen sich nicht einfach durch das Rückenmark fort bis zum Hirn, sondern sie treten zunächst ein in Nervenkörperchen.

Ob diess der Fall ist bei allen Rückenmarksnervenfasern, ist freilich nicht zu entscheiden. Ein Nervenkörperchen der grauen Substanz kann mehr als einer Rückenmarksnervenfaser den Ursprung geben.

2) Die Nervenkörperchen entlassen auch Fasern gegen das Gehirn; diese verlaufen in der weissen Substanz.

Die Zahl dieser Längsfasern der weissen Substanz nimmt nach unten ab. Ein Querschnitt durch das oberste Halsmark enthält also, im Vergleich zu den, von ihm eingeschlossenen Querfasern der weissen Substanz, die meisten Längsfasern; ein Querschnitt des untersten Theils des Rückenmarks dagegen relativ die meisten Querfasern.

3) Die graue Rückenmarksubstanz, d. h. die Nervenkörperchen derselben, sind demnach die Verbindungsglieder zwischen den peripheren Fasern der Rückenmarksnerven und den Längsfasern der weissen Substanz.

Die Nervenkörperchen sind die materiellen (nächsten) Ursprünge der Rückenmarksnervenfasern, während die Längsfasern der weissen Substanz deren virtuellen Fortsetzungen darstellen; d. h. jenseits des Nervenkörperchens, gegen das Hirn hin, erleidet die Faser Modifikationen ihrer früheren functionellen Eigenschaften.

4) Die Nervenkörperchen stehen unter sich nach allen Richtungen hin durch Fortsätze in Verbindungen, und zwar unmittelbar oder mittelbar, nämlich durch zwischengelagerte andere Nervenkörperchen. Es lässt sich desshalb die Möglichkeit nicht läugnen, dass die Nervenkörperchen auf entfernte Nervenkörperchen der grauen Rückenmarkssubstanz und auf entfernte Nervenfaserursprünge wirken können.

5) Die Möglichkeit besonderer, dem Rückenmark eigenthümlicher Bestandtheile muss zugegeben werden.

Ueber die Funktionen der letzteren haben wir freilich keine Vorstellung. Hieher könnten eine Anzahl Längsfasern der weissen Substanz, sowie Nervenkörperchen mit feinen, nicht weiter verfolgbaren Ausläufern in der grauen Substanz gehören. Stilling, Schröder van der Kolk, Bidder, Kupffer und Kölliker haben den mikroskopischen Bau des Rückenmarkes vorzugsweise untersucht.

101. Direkte Reizung der Rückenmarkstränge.

Die Einsenkungen der motorischen und sensibeln Rückenmarksnervenwurzeln in die Vorder- und Hinterstränge liess vermuthen, dass Reizungen der Hinterstränge Schmerzen, der Vorderstränge dagegen direkte Muskelzuckungen bewirken. Der Versuch bestätigt bloss die erstere Vermuthung. Die Hinterstränge sind sensibel, jedoch in viel geringerem Grade als ihre Nervenwurzeln (Schiff). Die graue Substanz ist unempfindlich (Magendie); ihre Reizung, sowie die der Vorderstränge, zieht keine Zuckungen nach sich.

Das über die Vorder- und Hinterstränge Gesagte gilt auch, wenn man den Versuch so anstellt, dass die eintretenden Nervenwurzeln, deren Reizung Schmerzen, resp. Zuckungen setzen, nicht getroffen werden. Die Angaben über die Erfolge der direkten Ansprache der Seitenstränge differiren so sehr, dass kaum ein Ausspruch gewagt werden kann.

102. Leitungen im Rückenmark.

Nach vollständiger Querdurchschneidung des Rückenmarkes sind diejenigen Muskeln dem Willenseinfluss entzogen und diejenigen Hautstellen vollkommen unempfindlich geworden, deren Nerven unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark abgehen. Ganz unversehrt sind dagegen die Theile, die von Nerven oberhalb des Schnittes versorgt werden. Die Ausbreitung der Lähmung hängt demnach von der Höhe der durchschnittenen Stelle des Rückenmarkes ab.

103. Leitungen in den Einzelsträngen.

Die Ursprünge der motorischen und sensibeln Nervenwurzeln liessen vermuthen, die Hinterstränge seien Conductoren der sensibeln, die Vorderstränge dagegen der motorischen Erregungen. Magendie und Longet glaubten diese Sätze durch den Versuch bestätigt zu haben; es stellte sich aber heraus, namentlich durch Fodéra, Deen, Stilling, Brown-Séquard, Türk, Schiff, v. Bezold, sowie auch in klinischen Erfahrungen, dass die Leitungen viel weniger beschränkt, überhaupt verwickelter sind. Es lassen sich etwa folgende Thatsachen anführen:

I. Hinterstränge. Durchschneidung eines Hinterstranges setzt keine Lähmungen (d. h. derjenigen Nerven, die aus dem Rückenmark unterhalb des

Schnittes entspringen — ein Beisatz, der im Folgenden weggelassen wird); ebenso verhalten sich experimentelle Zerstörungen oder pathologische Entartungen der weissen Substanz in mässiger Ausdehnung (1—2 Wirbelhöhen z. B.). Nach ausgedehnteren Zerstörungen eines Hinterstranges erfolgen ausgebreitete Empfindungslähmungen derselben Körperseite. Durchschneidung der Hinterstränge sammt der grauen Substanz bewirkt Empfindungslähmung; kleinere Läsionen der grauen Substanz sind ohne Einfluss.

II. Vorderstränge. Durchschneidung der Vorderstränge beeinträchtigt weder Empfindung noch Willensbewegung; wird dagegen die graue Substanz mit durchschnitten, so entsteht Bewegungslähmung.

III. Seitenstränge. Durchschneidung eines Seitenstranges schwächt, ausgedehntere Entartung dagegen vernichtet die Willensbewegung derselben Seite; nach Schiff jedoch nur der Muskeln des Rumpfes, während die Vorderstränge die motorischen Leitungen zu den Extremitäten vermitteln sollen. Die Angaben über Beziehungen dieser Stränge zur Empfindungsleitung weichen sehr von einander ab.

IV. Durchschneidung einer Seitenhälfte des Rückenmarks schwächt die Willensbewegungen derselben Seite; die Empfindung dagegen bleibt ungeschwächt, ja es treten sogar Zeichen von Ueberempfindlichkeit ein in den gleichseitigen Hautbezirken unterhalb des Schnittes (Brown-Séquard, Schiff). Die Ueberempfindlichkeit (Folge eines localen Reizzustandes?) schwindet nach einiger Zeit. Durchschneidung eines Hinter- oder Seitenstranges soll ebenfalls Ueberempfindlichkeit setzen.

V. Durchschneidung jeder Seitenhälfte, aber in verschiedenen Höhen, hebt weder Empfindung noch Bewegung vollständig auf. Pathologische Erfahrungen bestätigen dieses Ergebniss.

VI. Längstheilung des Rückenmarkes, eine gewisse Strecke lang, setzt keine Lähmungen ober- und unterhalb der getheilten Stelle, dagegen doppelseitige (vollständige?) Empfindungslähmungen, nicht aber Willenslähmungen der Nerven, die von der verletzten Stelle abgehen.

104. Folgerungen über die Leitungen im Rückenmark.

1) Unumstösslich fest steht der Satz: dass die Leitung von einer bestimmten peripheren Stelle zum Hirn und umgekehrt, durch das Rückenmark, nicht bloss an einen einzigen Weg im Rückenmark mit Nothwendigkeit gebunden ist.

Die mikroskopischen Studien über das Rückenmark geben diesem und einigen folgenden Sätzen weitere Stützen; das Rückenmark ist eben keine einfache Juxtapposition von Nervenfasern.

2) Unentschieden muss aber bleiben, ob die Leitung durch das Rückenmark im Normalzustand immer denselben Weg einschlägt und ob andere Wege nur dann aufgesucht werden, wenn der gewöhnliche mechanisch (d. h. dauernd, oder vorübergehend functionell?) unterbrochen ist.

3) Die sensibele Leitung ist nicht an die sensibeln Parthien nothwendig gebunden (die graue Substanz ist unempfindlich), dessgleichen wird die motorische

Leitung von Theilen übernommen (graue Substanz, weisse Substanz der Vorderstränge), deren direkte Reizung keine Zuckungen setzt.

4) Die geringen Wirkungen einfacher partieller Querschnitte erklären sich dadurch, dass, abgesehen von den leitenden Längsfasern der weissen Substanz und den etwa in den Schnitt fallenden Querfasern eines Nerven, bloss die Nervenkörperchen der Schnittflächen beeinträchtigt werden, während

5) bei Zerstörungen der Stränge in grösserer Längsausdehnung grosse Massen Nervenkörperchen und viele Nervenursprünge vernichtet sind.

6) Die graue Substanz leitet Empfindungen und willkürliche Bewegungsimpulse.

7) Deutliche Kreuzungswirkungen kommen im Rückenmark nicht vor.

Diese Versuche sind nach Ausführung und Interpretation gleich schwierig, daher die fast beispiellosen Widersprüche auf diesem Gebiet. Die willkürlichen Bewegungen der Thiere, die als solche oftmals schwer zu deuten sind, müssen erst abgewartet werden; die Zeichen des Schmerzes sind vielfach unsicher und quantitative Aenderungen der Beweglichkeit und Empfindlichkeit (Halblähmungen) nicht leicht zu erkennen. Ferner ist die Beschränkung der Durchschneidung auf eine bestimmte Stelle oft schwer, sowie auch die Wirkungen der Operation über die Eingriffsstelle hinaus (Entzündung u. s. w.), sich erstrecken können. Die Schnelligkeit, mit der die Zerstörung geschieht (plötzliche Trennung beim physiologischen Versuch gegenüber den, oft sehr chronischen Rückenmarksleiden) scheint endlich nicht minder von Einfluss zu sein, indem eine Accommodation (Aufsuchung neuer Bahnen?) sehr wohl denkbar ist.

Die Leitungserscheinungen, gehörig festgestellt, hätten, abgesehen von ihrem diagnostischen Werth für die praktische Medicin, noch ein ungleich höheres Interesse; sie führen nämlich nicht bloss zur Kenntniss der Localitäten, wo die fraglichen Funktionen vor sich gehen, sondern ihre weitere Verfolgung verspricht selbst darüber einige Aufschlüsse, wie dieselben vor sich gehen. Die Thatsache z. B., dass die Leitung zwischen einer bestimmten peripheren Stelle einerseits und (und deren Centralpunkt in) dem Hirn andererseits nicht blos auf einen Weg beschränkt, dass dieselbe Stelle des Rückenmarks der gleichzeitige Durchgangspunkt von vielerlei Erregungen sein kann, führt wohl zur Vermuthung, dass diese Längenleitungen weit mehr darstellen, als einfache Transmissionen wie Erregungen.

105. Leitungsapparate im Hirn.

Das verlängerte Mark bildet den Uebergang vom Rückenmark zum Gehirn. In ihm treten aber auch neue Fasersysteme auf; die Rückenmarkstränge erfahren dort theilweise Umordnungen, so dass die Wurzeln der vom verlängerten Mark entspringenden Nerven (die meisten Hirnnerven können bis dahin verfolgt werden) von dem Typus der Rückenmarksnerven abweichen und das verlängerte Mark in seinen verschiedenen Querschnitten, von unten nach aufwärts, keinen konstanten Typus bietet. Auch seiner Entwicklung nach ist das verlängerte Mark, trotz seiner äusseren Aehnlichkeit mit dem Rückenmark, als Theil des Gehirnes zu betrachten. In der Darstellung der Faserverläufe im verlängerten Mark und deren Fortsetzungen in das Gehirn weichen die Forscher so sehr von einander ab, dass nur wenige ganz unbestrittene Sätze aufgestellt werden können. Mit Umgehung alles, bei dieser Sachlage für die physiologischen Grundlehren doch nicht verwerthbaren, Details, mag zur ersten Orientirung, den gangbaren Ansichten gemäss, etwa Folgendes aufgestellt werden:

1) Jeder Hinterstrang des Rückenmarkes setzt sich im verlängerten Mark fort in den strickförmigen Körper seiner Seite und dieser wiederum

in die gleichseitige Hemisphäre des Kleinhirns. Die Hauptmasse der strickförmigen Körper stellt freilich keine blossen Fortsetzungen aus dem Rückenmark, sondern neue Faserzüge dar (Stilling).

2) Jeder Vorderstrang des Rückenmarkes geht über in die Olive seiner Seite und diese (durch die Schleife) in die Vierhügel des Hirnes.

3) Die Seitenstränge des Rückenmarkes setzen sich, nach der gewöhnlichen Auffassung, fort in die Pyramiden, so zwar, dass sie sich von beiden Seiten her allmälig durchkreuzen. Nach Stilling, dem Schiff mit physiologischen Gründen beipflichtet, würden dagegen die Pyramiden, ihrer Hauptmasse nach, neue Bildungen und keine Fortsetzungen des Rückenmarkes darstellen. Die Fortsetzungen der Seitenstränge des Rückenmarks gehen im verlängerten Mark ausserdem vorwärts, die der Vorderstränge rückwärts, und zwar so, dass die Oliven die Pyramiden zwischen sich nehmen.

Die Pyramiden setzen sich fort 1) indem sie die Brücke durchziehen und dort neue Fasern empfangen, in den Fuss der Hirnstiele; diese in die Streifenhügel; 2) durch die Funiculi teretes in die Haube und diese in die Sehhügel. Von den Streifen- und Sehhügeln aus erfolgen die Ausstrahlungen durch die Hemisphärenmassen des Grosshirnes gegen dessen Rindensubstanz hin.

Kleinhirn, Vierhügel, Sehhügel und Streifenhügel sind demnach die Hauptorgane, in welche die genannten Fortsetzungen des verlängerten Markes übergehen. Die Faserzüge sind, wie gesagt, sehr viel verwickelter, als obiges Grundschema annimmt. Das Corpus striatum z. B. erhält auch Fasern von den Oliven, die sich dem Crus cerebri beimischen; die Haube wird ausser den funiculi teretes zusammengesetzt aus Fasern von der Olive, dem funiculus lateralis und gracilis der corp. restiformia, vom crus cerebelli ad cerebrum und den brachia corporum quadrigeminorum. Dessgleichen erhalten die zum Kleinhirn gehenden Theile der Corpora restiformia Verstärkungen von der Olive.

106. Leitungen im Gehirn.

Die vorerst kaum übersteiglichen Schwierigkeiten, welche der anatomischen Erforschung der Faserverläufe im Gehirn entgegentreten, wiederholen sich, wenn das physiologische Experiment oder die, häufig genug gar nicht zu interpretirende, pathologische Beobachtung speciellere Aufschlüsse geben sollen über die, der Willensbewegung und der Empfindung dienenden Leitungsbahnen im Gehirn. Die wenigen, sicherer ermittelten Thatsachen sind folgende:

Reizungen einiger Hirntheile setzen Schmerzen oder Bewegungen. Die erweisbare Ausstrahlung von, der Sensibilität und Motilität dienenden Fasern der Rückenmarksstränge in das Gehirn liess diese Erscheinungen von vornherein vermuthen. Schmerzen treten ein nach direkter Ansprache folgender Organe: Corpora restiformia, namentlich deren äussere Theile, Oliven (nicht aber, den Meisten zufolge, der Pyramiden), der verschiedenen Kleinhirnschenkel, endlich der Brücke und der Grosshirnschenkel. Unempfindlich sind die Hemisphären des Klein- und Grosshirnes, Streifenhügel, Vierhügel und Sehhügel. Bloss die tieferen Schichten der letzteren sollen nach Einigen empfindlich sein.

Die Bewegungen, die nach experimenteller Reizung gewisser Hirntheile ausgelöst werden, betreffen immer eine grössere Anzahl von Muskeln. Der Ver-

dacht auf blosse Reflexbewegungen ist freilich in vielen Fällen nicht zu beseitigen. Die Grosshirnschenkel und Brücke enthalten, den gewöhnlichen Annahmen gemäss, motorische Elemente. Diese beiden Organe stellen jedenfalls die sensibelen und motorischen Leitbahnen zwischen den Hemisphären des Grosshirns und dem Rückenmark dar. Schiff läugnet dagegen das Vorhandensein motorischer Fasern schon im verlängerten Mark und erklärt alle durch Reizung desselben ausgelösten Bewegungen für reflectorische. Reizungen der Hemisphären des Grosshirns, Kleinhirns und der Streifenhügel bewirken keine Zuckungen. Die Vierhügel sind ohne direkten Einfluss auf die Bewegungen der Skelettmuskeln.

Nach Durchschneidung bestimmter Hirnorgane, besonders der Brücke, Grosshirnschenkel, Streifenhügel, Sehhügel und der verschiedenen Kleinhirnschenkel entstehen eigenthümliche, einseitige Bewegungsrichtungen, entweder nach gewissen Anregungen sensibeler Nerven, oder wenn die Thiere absichtliche Bewegungen ausführen wollen. Diese Erscheinungen, früher „Zwangsbewegungen“ genannt, wurden von Pourfour du Petit, Magendie, Longet und Schiff untersucht. Nach einseitiger Durchschneidung der Crura cerebelli ad medullam oblongatam z. B., treten Kreisbewegungen auf, wobei das Bewegungscentrum auf der verletzten Seite liegt. Nach Durchschneidung der Crura cerebelli ad pontem oder eines Seitentheils des Pons: schnelles Wälzen des Thieres um seine Längsaxe; es sind auch einige Fälle der Art beim Menschen bekannt geworden. Entfernt man nach Abtragung der Hirnhemisphären in Kaninchen beide Streifenhügel, so rennen die Thiere, nach Schiff, hastig vorwärts.

Diese Erscheinungen sind, trotz mehrfacher Erklärungsversuche, keiner genügenden Analyse zugänglich. Ueber die Wirkungen der Verletzungen der meisten Theile des verlängerten Markes, insofern sie nämlich der Leitung der Willensbewegungen und Empfindungen dienen, herrschen so ausserordentliche Widersprüche, dass von den Angaben der Experimentatoren hier Umgang genommen werden muss.

Reizungen der Hemisphären des Gross- und Kleinhirns und anderer, oben genannter Organe rufen, wie angegeben, weder Schmerzen noch Bewegungen hervor. Motorische und sensibele Elemente finden sich hier demnach nicht mehr. Nach Abtragung der Hemisphären des Grosshirns verfallen Säugethiere und Vögel zwar in einen Zustand von Betäubung (die ersteren gehen nach einigen Stunden zu Grund), aber weder Gefühl noch Bewegungen sind vernichtet. Gleichwohl können Krankheiten dieser Hirnorgane, wie Blutergüsse, Geschwülste u. s. w., Lähmungen der Empfindung und Willensbewegung verursachen, ja es sind diese Symptome sogar die gewöhnlichsten, dem Grad und der Ausbreitung nach allerdings vielfach variirenden, Begleiter eingreifenderer Affectionen der genannten Theile des Gehirns. Diese scheinbaren Widersprüche zwischen den Erfahrungen der Klinik und der Experimentalphysiologie verlieren aber sehr an Bedeutung, wenn man sich erinnert, dass eine primäre Erkrankung einer bestimmten Stelle des Gehirnes ihre Wirkungen, durch Druck u. s. w., weit über den Bereich der unmittelbaren materiellen Läsion ausdehnen kann.

Die soeben erwähnten Lähmungen betreffen immer die entgegengesetzte Körperhälfte; intensive Erkrankung z. B. der rechten Hirnhemisphäre zieht vollständige motorische und sensibele Lähmung der linken Seite und zwar des

Gesichtes, Stammes und der Gliedmaassen nach sich. Drückt man die Carotis neben dem Kehlkopf, so ist die Blutcirculation der entsprechenden Hirnhälfte vorübergehend gehemmt, sogleich treten Störungen des Getastes, Ameisenkriechen in der Haut des Kopfes und der Extremitäten der anderen Seite auf (Schiff). Es findet also eine Kreuzung der motorischen und sensibelen Leitbahnen statt. Die Orte dieser Kreuzungen sind noch nicht vollständig gekannt; die Decussationen der motorischen Fasern erfolgen, den gewöhnlichen Annahmen gemäss, im verlängerten Marke (Pyramiden) und in der Brücke, so dass schon der linke Grosshirnschenkel die motorischen Leitbahnen der rechten Körperhälfte einschliesst.

Nach Schiff verhalten sich die Decussationen anders. Indem Derselbe die Pyramiden gar nicht als einfache Fortsetzungen von Rückenmarkssträngen ansieht, glaubt er, auch deren Decussation nicht zur Erklärung der motorischen Kreuzungswirkungen benützen zu dürfen. Experimentelle Erfahrungen führen ihn zur Annahme, dass die Kreuzungen erst höher oben in der Medulla oblongata beginnen, und zwar zunächst bezüglich der längs der Wirbelsäule gelagerten Muskeln; weiter oben bezüglich der Strecker der Hinterbeine u. s. w.

E. Reflexerscheinungen.

107. Definition.

Unter nervösen Reflexen versteht man die durch Centralorgane vermittelten Uebertragungen von Erregungen peripherer Nervenfasern auf anderweite periphere Fasern, und zwar die reflectirten Muskelbewegungen, die reflectirten Muskelerschlaffungen, die Wirkungen der sog. Hemmungsnerven und die Mitempfindungen.

In den zwei ersten Fällen (wahrscheinlich auch im dritten) geht der Reflex von sensibeln Fasern auf motorische, im vierten (der hier noch nicht geschildert werden kann) von sensibeln auf andere sensibele Fasern; also ganz andere Leitungstypen, als die in der vorigen Abtheilung D betrachteten.

108. Reflexbewegungen

sind unwillkürliche Bewegungen zufolge von Uebertragungen gewisser Erregungen sensibeler Nerven auf motorische, vermittelst eines nervösen Centralorgans (Prochaska, später Hall, J. Müller). Beispiele dieser, sehr häufigen, Bewegungen sind das Zurückziehen des Armes nach Stechen des Fingers, die Zusammenziehung der Kreisfasern der Iris nach Lichtreiz, das tiefe Einathmen nach Eintauchen einer Hautstrecke in kaltes Wasser, der Husten (Ausathmungsbewegungen) nach Reizungen der Kehlkopfschleimhaut u. s. w.

109. Periphere Vorgänge.

Sie bilden, dem Gesagten zufolge, das Anfangs- und Endstadium des Gesammtphänomenes der Reflexbewegung. 1) Reizung sensibeler Nerven. Dieselbe schlägt leichter um in Reflexbewegungen an der Peripherie der Nerven, als in deren Verlauf; ferner an bestimmten Körperstellen, z. B. auf der Haut: an Fussohle, Handteller, Gesicht, After- und Achselgegend, auf Schleimhäuten besonders an den Orificien von Canälen (Nasenhöhle, Kehlkopf, Con-

junctiva). Von vielen Körperstellen aus können keine Reflexbewegungen ausgelöst werden, z. B. von den Muskeln einer enthäuteten Extremität, wohl aber an einer kleinen Hautinsel, die man hier noch übrig gelassen hat. 2) Reizung motorischer Nerven. Die entsprechenden Bewegungen erfolgen etwas langsamer als die Willensbewegungen, offenbar wegen Hemmungen in den reflectirenden Organen.

110. Reflexcentren.

Das Mittelglied der Reflexbewegung bildet ein nervöser Centraltheil, nach dessen Zerstörung der Reflex ausfällt. Als Reflexcentren können dienen: 1) Ganglien des Sympathicus (?). 2) Stellen im Gehirn, z. B. im verlängerten Mark (Reflexe auf die Athemmuskeln) oder in den vorderen Vierhügeln (Irisbewegungen). 3) Das Rückenmark. Es vermittelt die meisten und wegen seiner zahlreichen Nerven auch ausgebreitetsten Reflexe. Selbst Bruchstücke des Rückenmarkes können den Process vermitteln und zwar: 1) einzelne Stücke, der Quere nach ausgeschnitten (Schlangen und Eidechsen eignen sich besonders zu solchen Versuchen); 2) eine Seitenhälfte, bei Längsspaltung des Rückenmarkes in der Ebene der Medianfissuren. In beiden Fällen muss aber die graue Substanz wenigstens theilweis erhalten sein. 3) Eine Brücke grauer Substanz, nach vollständiger Durchscheidung der weissen Masse, leitet die Reflexion noch, und zwar vom Hintertheil nach vorwärts, wie umgekehrt. Die graue Substanz (resp. deren mehrstrahlige Nervenkörperchen, Wagner) ist somit das wahre reflectirende Organ und zwar im Rückenmark, wie in den übrigen reflectirenden Centralorganen.

111. Unwillkürlichkeit

ist ein Character der Reflexbewegungen. Daraus folgt: 1) Diese Bewegungen treten auch ein, ja selbst leichter als gewöhnlich, wenn der Willenseinfluss aufgehoben ist; also nach Abschneiden des Kopfes (namentlich in Kaltblütern), nach Abtragen des Grosshirnes, im Schlaf, in verschiedenen Hirnkrankheiten mit vollkommenem Verlust des Bewusstseins und in Rückenmarkslähmungen. Das unterhalb der erkrankten Stelle liegende Rückenmarkstück wirkt dann noch als reflectirendes Centralorgan, es kann z. B. bei vollständiger Lähmung der Empfindung und Willensbewegung der unteren Gliedmassen Kitzel der Fusssohle, als Reflex Zuckungen in den Muskeln des Beines auslösen. 2) Der Wille vermag, die Reflexbewegungen zu unterdrücken oder doch deren Stärke herabzusetzen. Wir halten z. B. Kitzel der Haut ruhig aus; während Reflexe sogleich eintreten, wenn der Kitzel uns unvorbereitet überrascht.

112. Grade und Formen der Reflexbewegungen.

Hier sind von Einfluss: 1) Stärke und Qualität des Reizes; 2) Erregbarkeit der Reflexcentren.

Dieselbe ist ungeheuer gesteigert in Strychninvergiftungen, so dass z. B. die leisesten Berührungen der Haut starke und allgemeine Reflexkrämpfe auslösen. Das Gift erhöht durchaus nicht die Erregbarkeit der sensibelen und motorischen Nerven selbst (d. h. der Nervenfasern), denn nach Durchschneidung motorischer Nerven eines vergifteten Frosches bleiben die resp. Muskeln schlaff, während alle anderen in heftigste Krämpfe verfallen.

3) Der Ort des Reizes. Die Muskeln der vom Reiz getroffenen Körperseite sind bevorzugt (Pflüger) und zwar a. zeigen sie oft allein Zuckungen, oder b. ihre Bewegungen sind, bei beiderseitigen Reflexen, doch stärker und erstrecken sich c. auf eine grössere Zahl von Muskeln, sowie d. auf der anderen Körperhälfte keine Muskeln zucken, welche nicht auch auf der Seite des Reizes thätig sind.

4) Reizungen bestimmter sensibeler Flächen ziehen Reflexe in bestimmten Muskelgruppen nach sich; z. B. der Schleimhaut des Kehlkopfes: Hustenbewegungen; der Conjunctiva: Augenlidschluss.

Im Vergleich zu den primären sensibeln Reizungen sind die ausgelösten Reflexbewegungen sehr stark, d. h. relativ schwache Erregungen weniger sensibeler Fasern lösen starke Erregungen vieler motorischer Fasern aus. Die Reflexe werden dann ausgeführt von einer oder selbst mehreren Muskelgruppen.

113. Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen.

Die Hustenbewegung nach Reizung der Kehlkopfschleimhaut, der Augenlidschluss nach Reizung der Conjunctiva und viele andere Reflexbewegungen bieten in hohem Grade den Character der Zweckmässigkeit. Man nimmt an, das specielle reflectirende Centralorgan sei so gebaut, dass Reizung irgend eines Punktes der sensibelen Fläche mit Nothwendigkeit immer eine grössere Anzahl zusammengehöriger motorischer Fasern zu einer einheitlichen Bewegung veranlasst. Dieser Mechanismus bedarf weder mitwirkender seelischer Thätigkeiten, noch vorhergegangener Muskelübungen; er ist von vornherein so eingerichtet, dass er in das Getriebe der Functionen, namentlich der vegetativen, vollkommen passt und selbst zu deren Schutz wirksam dient. Anders aber verhält es sich scheinbar bei manchen anderen, namentlich den vegetativen Funktionen nicht angehörenden Reflexbewegungen. Ein geköpfter Frosch, dessen Hinterfuss mit einer Säure berührt wird, macht mit dem anderen Hinterfuss hastige Anstrengungen zum Wegwischen der Säure, wobei bestimmte Muskeln verwendet werden. Nach Durchschneidung der Nerven dieser Muskeln werden andere Muskeln in Anspruch genommen (Pflüger). Hat schon das erste, jedenfalls ganz zweckmässig erfolgende, Wegwischen das Ansehen einer gewissen „Ueberlegung“, so ist eine solche Annahme im zweiten Fall scheinbar noch näher gelegt.

114. Reflexerschlaffungen.

Reizungen sensibeler Nerven können auch zu (plötzlichen) Erschlaffungen vorher verkürzter Muskeln führen. Beispiele dieser, neben den Reflexbewegungen wenig beachteten, Reflexphänomene sind die Entleerungen, meist grösserer, angesammelter Koth- und Urinmassen, z. B. in Folge von plötzlichen Reizungen der Haut (kaltes Wasser u. s. w.). Diese Entleerungen sind oft genug ausschliessliche Folgen von Erschlaffung der Sphincteren. Ebenso lassen nach unvermutheten sensibelen Eindrücken Spannungen an Skelettmuskeln nach, ohne dass nothwendig die betreffenden Bewegungen von den Antagonisten eingeleitet werden (z. B. Fallenlassen eines zwischen den Fingern gehaltenen Objectes).

115. Hemmungsnerven.

Reizungen gewisser Nerven bewirken Verlangsamung oder selbst Aufhören gewisser unwillkührlicher und periodisch wiederkehrender Bewegungen. Das Herz steht still, und zwar im Zustand der Erschlaffung, nach Reizung des N. vagus (Ed. Weber), die Darmbewegungen hören auf nach Ansprache des N. splanchnicus (Pflüger). S. 155 u. 205.

Bei der Erscheinung ist, wie man sieht, nicht das auffallend, dass von Nerven aus Muskelerschlaffungen möglich sind (der motorische Nerv gehorcht dem Willensbefehl und bringt den verkürzten Skelettmuskel sogleich zur Erschlaffung; nebstdem sind die Reflexerschlaffungen [114] weitere Beweise solcher Wirkungen), wohl aber scheint es sonderbar, dass Nerven**erregungen** Muskel**erschlaffungen** veranlassen können. Zur Erklärung dieser „hemmenden“ Wirkung stellt man gewöhnlich mit Ed. Weber die Hypothese auf, die zunächst erregten Nervenfasern seien sensibel; dieselben würden ihre Erregungen überpflanzen auf motorische Fasern vermittelst bestimmter Reflexcentren. Als solche könnten gelten die Nervenkörperchen der Herznerven und der Darmganglien; jenseits dieser wären die Fasern motorische, wie denn auch **direkte** (elektrische) Erregung des Herzens und der Därme die Bewegungen in der That beschleunigt.

F. Ernährungseinflüsse des Nervensystems.

116. Mittelbare Einflüsse.

Die hieher gehörigen Betheiligungen des Nervensystemes an den vegetativen Funktionen sind folgende: 1) **Unterhaltung und Beherrschung der im Dienste jener Funktionen stehenden Bewegungen**, und zwar so, dass dieselben nach Stärke, Häufigkeit u. s. w. dem jedesmaligen Energiegrade der betreffenden Funktionen genau entsprechen; z. B. die Athembewegungen sinken und steigen mit unserem wechselnden Athembedürfniss; die Bewegungen des Nahrungsschlauches stehen in Zusammenhang mit dessen Dauungsthätigkeiten. 2) **Regulirung der Blutzufuhr**: ist ein Organ in lebhafterer Thätigkeit und Stoffwechsel begriffen, so erweitern sich dessen Arterien, die Blutzufuhr zu ihm nimmt zu. Die Variationen aber der Gefässcaliber stehen unter dem Einfluss der Gefässnerven (165). 3) **Ermöglichung gewisser Funktionirungen insbesondere**: der motorische Nerv bedingt die Muskelverkürzung, er beherrscht überhaupt die Thätigkeitsgrade des Muskels, also mittelbar dessen Blutzufuhr und Stoffwechsel. Gelähmte Muskeln verlieren, schon zufolge des Nichtgebrauches, an Volumen.

In allen diesen Fällen betheiligt sich das Nervensystem nur in accidenteller Weise an dem Stoffwechsel, jedoch so, dass die betreffenden Wirkungen unter Umständen sehr eingreifende sein können und dass sie in noch unerklärten **harmonischen Wechselbeziehungen** stehen mit den inneren Vorgängen des Stoffwechsels selbst.

117. Unmittelbare Einflüsse.

Sie stellen die trophischen Nervenwirkungen im engeren Sinne dar; aber mit Strenge verfahren, könnten nur sehr wenige Thatsachen hierher gerechnet werden, vor allem die Erfahrung Ludwig's, dass elektrische Reizung gewisser Nerven plötzlich Speichelabsonderung hervorruft (184) und zwar selbst nach Unterbindung der betreffenden Arterien. Manche Wirkungen von Gemüthsbewegungen gehören mit grösster Wahrscheinlichkeit hierher: z. B. die Thränensecretion bei traurigen Vorstellungen, die im Kinde so plötzlich und in solchen Mengenverhältnissen auftreten kann, dass sie nicht wohl auf accidentelle Momente (stärkere Blutzufuhr, Erweiterung der Gefässe u. dgl.) zurückzuführen sein dürfte. Ueber die Wirkungsweisen der Nerven bei diesen Vorgängen können wir uns freilich keine weitere Vorstellung machen, als dass wir annehmen, der Nerveneinfluss modificire die endosmotischen Kräfte der betreffenden Membranen, so dass die Secretionen, oder der endosmotische Austausch zwischen Capillarblut und Parenchym der Organe, anders sich gestalten müssen.

Aerger kann die Verdauung stören (direkter Einfluss auf die Secretion des Magensaftes?), Angst Schweiss hervorrufen; die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen die Speichelsecretion u. s. w. Nach Durchschneidung des Trigeminus entsteht Entzündung des Auges, nach Trennung der Vagi Lungenentzündung; Wirkungen, die freilich noch nicht befriedigend erklärt werden können und die von Manchen auf rein accidentelle Ursachen mit Unrecht zurückgeführt werden. Bei vielen Secretionen haben übrigens die Nervendurchschneidungen oder Reizungen zu negativen Ergebnissen geführt.

Wenn, ganz abgesehen von den Pflanzen, in den niedersten Thieren Zeitlebens, im Ei der höheren Thiere wenigstens in der ersten Zeit, ein lebhafter Stoffwechsel besteht ohne Vorhandensein eines Nervensystemes, so berechtigen diese Thatsachen allerdings nicht zu dem Schluss, dass das Nervensystem, da wo es vorhanden ist, keine „trophische" Wirkungen ausüben könne, wohl aber erschweren sie unsere Vorstellungen über die Specifität dieser Wirkungen in hohem Grade.

V. Thierische Elektricität.

118. Vorbemerkungen.

Die entfernten Ursachen der Elektricitätsentstehung sind bekanntlich sehr mannigfaltige: Reibung, blosse Berührung ungleichartiger Körper, chemische Processe, Wärme u. s. w. Galvani (1791) schrieb den Muskeln und Nerven das Vermögen der Elektricitätsentwickelung zu, wobei er sich auf den, dem Anfänger aus den Elementarlehren des Galvanismus bekannten, von ihm jedoch nicht richtig gedeuteten, Grundversuch an dem Froschpräparat stützte. Es war erst der neueren Zeit vorbehalten, vor Allen Dubois-Reymond, den Nachweis zu liefern, dass die Nerven- und Muskel-Thätigkeit verbunden ist mit gesetzlichen Veränderungen elektrischer Ströme, die der Nerv und Muskel auch im unthätigen Zustand bietet. Demnach kann kein Zweifel bestehen, dass diese

elektrischen Vorgänge wichtige Begleiter der „Innervation" sind, deren Wesen freilich dann erst befriedigender wird gekannt sein, wenn die Veränderungen sämmtlicher physikalischen und chemischen Charactere ermittelt sind, welche der Nerv im Zustand seiner Thätigkeit erfährt.

119. Ruhende Elektricität.

Man denkt sich bekanntlich die Elektricität in zwei verschiedenen Zuständen: Ruhe und Bewegung (Strömung). I. Ruhende Elektricität. Wird z. B. ein Metallstück in Wasser getaucht, so ist das freie Ende desselben —, das Wasser aber + elektrisch. Zwischen Wasser und Metall besteht daher eine elektrische Differenz, und als Ursache derselben sieht man die zwischen ihnen thätige elektromotorische Kraft an. Beide Elektricitäten des Wassers und des Metalls zeigen ausserdem eine, nach Umständen verschiedene Dichte (Spannung). Letztere ist stärker, wenn z. B. Zink, schwächer, wenn Platin eingetaucht wird. Senkt man zwei Metalle ein, so bestimmt der stärkere Elektromotor die Elektricitätsvertheilung, das freie Zinkende, Figur 4, ist — (Minuspol), das Platinende + elektrisch (Pluspol). Diese Anordnung heisst eine „einfache offene Kette". Die bekannte Verbindung mehrerer oder vieler einfachen Ketten stellt die „zusammengesetzte offene Kette" dar, in welcher die elektrische Spannung viel grösser ist.

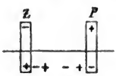


Fig. 4.

120. Strömende Elektricität.

Verbindet man die beiden Pole der Kette durch einen Elektricitätsleiter, z. B. einen Metalldraht *m* (Figur 5), so erhält man die sogenannte geschlossene Kette. Die elektrische Differenz von *Z* und *P* gleicht sich durch den Leiter *m* aus. Dieser Ausgleichung folgt aber sogleich eine Wiederherstellung der elektrischen Spannung durch die stetig wirkende elektromotorische Kraft. Beide Zustände wechseln also aufs Schnellste beständig mit einander ab und man bezeichnet den Vorgang als „konstanten elektrischen Strom". Derselbe besteht so lange, als die Kette (durch Draht *m*) geschlossen bleibt; während seiner Dauer vermag er mannigfache Wirkungen auszuüben, z. B. bekanntlich chemische Zersetzungen (Elektrolyse). Es geht, Figur 5, in der Richtung des Pfeiles ein positiver Strom vom Platin durch *m* zum Zink und vom Zink durch *F* zum Platin; umgekehrt gerichtet ist der negative Strom. Unter elektrischem Strom schlechthin versteht man immer den positiven. Als Stromstärke bezeichnet man die „Elektricitätsmenge" (wir wollen der Einfachheit wegen geradezu fingiren, es handele sich um strömende Flüssigkeitsmassen), die durch den Schliessungsbogen *m* in der Zeiteinheit durchgeht. Die Stromstärke (und damit auch die Wirkungen des Stromes, z. B. die Elektrolyse) wächst 1) mit Zunahme der elektromotorischen Kraft (z. B. in einer zusammengesetzten Kette) und 2) mit Abnahme der Leitungswiderstände im Schliessungsdraht und in der Flüssigkeit. Je kürzer und dicker der Schliessungsdraht und je besser die Substanz desselben die Elektricität leitet,

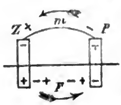


Fig. 5.

je grösser ferner der Querschnitt der Flüssigkeit, durch die der Strom sich bewegt, desto geringer sind die Leitungswiderstände. Die Metalle sind bekanntlich die besten Leiter, unendlich bessere als z. B. Wasser, oder die, letzterem ziemlich nahe stehenden, feuchten thierischen Theile.

121. Galvanometer.

Es dient zur Nachweisung elektrischer Ströme und besteht in einer, zwischen Windungen eines Kupferdrahtes aufgehängten Magnetnadel. Ein elektrischer Strom, der durch einen Metalldraht geht, lenkt eine Magnetnadel, die über oder unter dem Draht hängt, ab. Die Ablenkung nimmt zu mit zunehmender Stromstärke und der rechte Winkel ist die Grenze dieser Ablenkung. Das Galvanometer dient also zur Messung der relativen Stärke, ausserdem aber noch zur Bestimmung der Richtung des Stromes. Als einfache Gedächtnissregel (mit Umgehung aller, ohnediess nur hypothetisch möglichen Erklärungen) halte man fest; man schwimme im + Strom, den Kopf voran und das Gesicht der Nadel zugewendet; dann wird immer der Nordpol der Magnetnadel nach der linken Seite des Schwimmers abgelenkt. Der in der Richtung der Pfeile (Figur 6) durch den Draht geschickte Strom wird demnach die in der Papierebene liegende Nadel *s n* so ablenken, dass deren Nordpol *n* hinter diese Ebene zu stehen kommt. Die zwei entgegengesetzten Stromrichtungen in den beiden Drahtschenkeln verstärken, dem Gesagten zufolge, die Wirkung des Stromes auf die Nadel. Letztere ist aber unter dem Einfluss des Erdmagnetismus, also mit einem Pol nach Nord, dem anderen nach Süd gerichtet; schwache Ströme bewirken daher keine genügend grosse Ablenkung der Nadel. Zur Verstärkung benutzt man zwei Mittel: 1) der Draht erhält viele Windungen um die Nadel, letztere ist also gewissermaassen ebenso vielen Einzelströmen ausgesetzt; 2) die sogenannte astatische Vorrichtung, durch Verbindung zweier möglichst gleich starker Nadeln. Der Nordpol der einen liegt über dem Südpol der anderen (Figur 7). Beide Nadeln werden durch ein Zwischenstück verbunden. Das Nadelpaar nimmt nunmehr keine bestimmte Richtung an und bewegt sich bei Einwirkung der schwächsten Ströme. In Figur 7 wirkt der zwischen den Nadeln durchgehende Strom auf beide Nadeln in gleichem Sinne ablenkend (nämlich Nordpol der oberen, und Südpol der unteren Nadel vor die Papierebene). Der unten zurückkehrende Strom wirkt in gleichem Sinne auf die untere Nadel; die entgegengesetzte Wirkung desselben auf die obere Nadel kommt, wegen ihres grösseren Abstandes, nicht in Betracht.



Fig. 6.

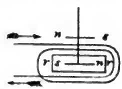


Fig. 7.

Der Draht ist um ein Rähmchen *rr* (Fig 7) gewunden; zu physiologischen Untersuchungen sind, wegen der Schwäche der hier zu erforschenden Ströme, mehrere tausend Windungen nöthig. Zur Isolation der Ströme der Einzelwindungen ist der sehr feine Draht mit Seide umsponnen. Das senkrechte Verbindungsstück beider Nadeln liegt in einem Schlitz des Rähmchens. Die untere Nadel spielt innerhalb des Rähmchens, die obere über den Windungen und bewegt sich über einer Kreiseintheilung (Fig. 8); sie steht auf dem Nullpunkt, wenn kein Strom durch den Draht geht, oder 2 gleichstarke, aber entgegengesetzt gerichtete Ströme. Dagegen bewegt sie sich nach der einen oder anderen Seite aus ihrer 0 Lage, je nachdem der Strom die eine oder die andere Richtung hat.

122. Nachweisung der physiologischen Ströme.

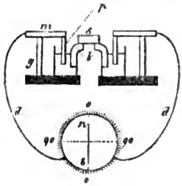


Fig. 8.

Man gebraucht dazu folgende Vorrichtung Dubois-Reymond's. Jedes Ende des Galvanometerdrahtes *d*, Figur 8, ist vermittelst eines metallischen Zwischenträgers *m*, der durch den Glasstab *g* gehörig isolirt ist, verbunden mit einer Platinplatte *p*. Diese taucht in Salzwasser; ein Bausch *b* von Filtrirpapier, der mit diesem Wasser imbibirt ist, ragt über den Rand des Salzwassergefässes hervor. Beide Bäusche werden verbunden durch einen, ebenfalls feuchten Schliessungsbausch *s*; der Galvanometerkreis ist jetzt geschlossen, die Nadel *ns* steht auf Null. Bringt man an die Stelle des Schliessungsbausches einen Elektromotor, z. B. einen Muskel, so weicht die Nadel ab, in den einen oder anderen Quadranten, und giebt damit die Richtung des Stromes in dem zwischen den Bäuschen liegenden Muskel an.

123. Ströme im unthätigen Nerven und Muskel.

Der erschlaffte Muskel und die Nerven in dem Zustand, wo sie weder Empfindung noch Bewegung vermitteln, zeigen an bestimmten Stellen elektrische Gegensätze (Matteucci, Dubois-Reymond). Wird desshalb ein Muskel oder Nerv eingefügt in den Galvanometerkreis, so weicht die Nadel ab, indem ein Strom: der sog. ruhende Nerven- oder Muskelstrom, durch den Galvanometerdraht geschickt wird. Dubois unterscheidet: 1) Relative starke Ablenkungen. Der Muskel wird auf einen Bausch mit dem Querschnitt, auf den andern Bausch mit einer Stelle seiner Oberfläche gelegt, Figur 9, dann geht der Strom von der Oberfläche durch das Galvanometer *g* zum Muskelquerschnitt, also im Muskel selbst vom Querschnitt zur Oberfläche. Es ist demnach jedwede Stelle der Oberfläche + elektrisch gegenüber jedweder Stelle des Querschnittes. 2) Schwächere Ablenkungen: a) An der Oberfläche ist eine dem Mittelpunkt nähere Stelle + elektrisch gegenüber einer vom Mittelpunkt entfernteren Stelle, Fig. 10. b) Am Querschnitt ist eine periphere Stelle + elektrisch gegenüber einer centraleren Stelle. 3) Keine Nadelabweichungen: a) Man legt den Muskel auf die Bäusche mit zwei Stellen seiner Oberfläche, die von der Mitte des Muskels gleichweit abstehen, Figur 11. b) Man bringt zwei Stellen des Querschnittes in den Galvanometerkreis, die gleichweit abstehen von der Mitte des Querschnittes.

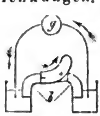


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

Aehnliche, jedoch schwächere Ströme zeigen die Nerven; die übrigen Körpertheile dagegen besitzen nur sehr geringe elektromotorische Kräfte. Schneidet man aus einem Muskel oder aus dem Hirn ein längliches Stück aus, gleichgültig in welcher Richtung, immer ist die Oberfläche positiv, der Querschnitt negativ. Elektromotorische

Unterschiede zwischen sensibelen und motorischen Nerven sind nicht bekannt. Die Ströme der einzelnen Muskeln und Nerven setzen den, schon von Nobili entdeckten, sog. Gesammtstrom zusammen. Dieser geht im Frosch von den Extremitätenspitzen gegen den Rumpf, im Rumpf vom After gegen den Kopf. In Säugethieren ist die Richtung umgekehrt.

Die enthäutete Extremität von Amputirten oder Enthaupteten zeigt einen starken Strom vom Rumpf gegen die Extremitätenspitze. Die Muskeln, oder das Rückenmark, des Menschen und der Säuger geben starke Nadelausschläge; gewöhnlich bedient man sich zu solchen Versuchen des Frosches, dessen Reizbarkeit viel länger anhält. Nach dem Absterben der Nerven und Muskeln hören, nach Dubois, diese Ströme auf; Valentin bemerkte übrigens nicht selten Ausnahmsfälle. Die Ströme sind eben die Ausdrücke gewisser Molekularbeschaffenheiten der Gewebe, die wohl noch theilweis vorhanden sein können, wenn die Reizbarkeit derselben gegen die elektrische Erregung längst geschwunden ist.

124. Physikalisches Schema dieser Ströme.

Keine Hypothese vermag bis jetzt über sämmtliche Thatsachen des vorigen Paragraphen Rechenschaft zu geben. Senkt man, um von der einfachsten der von Dubois untersuchten Anordnungen auszugehen, einen Zinkcylinder, der mit zwei kupfernen Grundflächen versehen ist, in Wasser, so gehen unendlich viele Einzelströme vom Zink durch das Wasser zum Kupfer. Taucht man die beiden Enden des Galvanometerdrahtes in das Wasser, so kann man durch das Galvanometer einen Theil dieser Ströme ableiten, und zwar ist dann unter allen Umständen jeder Punkt der Zinkoberfläche positiv, gegenüber jedwedem Punkt des Kupferquerschnittes. Ferner schickt, Figur 12, jeder Punkt des Aequators o, Ströme zu den beiden Kupferflächen, also in entgegengesetzten Richtungen, aber von gleichen Spannungen. Dasselbe geschieht von jedem Punkte der, von beiden Seiten des Aequators gleichweit abstehenden, Kreise a und a' oder b und b' u. s. w. Leitet man desshalb z. B. von b und b' Ströme ab durch das Galvanometer, so sind diese gleich stark, aber von entgegengesetzten Richtungen, die Nadel bleibt also ruhig. Die Erscheinungen Nr. 3 des vorigen Paragraphen (fehlende Nadelablenkungen) lassen sich somit durch die Annahme erklären, dass die elektrischen Spannungen gleich sind an zwei Punkten der Oberfläche des Präparates, die von dem Aequator gleichweit abstehen. Die zweite Classe der, 123, erwähnten Erscheinungen („schwächere Ablenkungen"), nämlich die electrischen Differenzen zwischen zwei geometrisch verschiedenen Punkten der Oberfläche, oder des Querschnittes, lassen sich dagegen nicht genügend erklären.

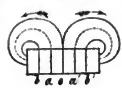


Fig 12.

125. Electrotonus.

Legt man, Figur 13, die eine Hälfte eines Nerven auf die Bäusche, und zwar einerseits mit dem Quer- und andererseits mit dem Längsschnitt, so zeigt das Galvanometer den ruhenden Nervenstrom in der Richtung des Pfeiles a. Durch die Strecke B des, nicht im Galvanometerkreis liegenden Nervenstückes wird nunmehr ein konstanter Strom (der „erregender" heissen

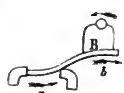


Fig. 13.

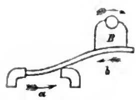


Fig. 14.

mag) in der Richtung des Pfeiles b geleitet. Die Ablenkung der Galvanometernadel nimmt jetzt zu, der ruhende Nervenstrom wird scheinbar verstärkt. Hat aber, Figur 14, der erregende Strom b eine, dem ruhenden Nervenstrom a entgegengesetzte Richtung, so nimmt die Nadelabweichung ab, der ruhende Nervenstrom wird scheinbar geschwächt.

Zunächst ist der elektrische Zustand der vom erregenden Strom durchflossenen Nervenstrecke B verändert. Die stärkere Ablenkung der Nadel im ersten, oder der Rückgang der Nadel im zweiten Fall, beweisen aber, dass der ganze Nerv eine Veränderung seines elektrischen Verhaltens erfährt. Legt man den Nerven, Figur 15, mit zwei vom Mittelpunkt gleichweit entfernten Stellen des Längsschnittes auf die Bäusche, so erfolgt, nach Früherem, keine Nadelablenkung, da die von den zwei Punkten des Nerven ausgeschickten gleichstarken, aber entgegengesetzt gerichteten Ströme sich ausgleichen. Wird nunmehr ein erregender Strom durch B geleitet, so zeigt die Nadel eine Ablenkung im Sinne des erregenden Stromes b. Offenbar also erhält der ganze Nerv und nicht bloss das vom erregenden Strome unmittelbar durchflossene Stück des letzteren, eine eigenthümliche elektrische Anordnung, die sich am Galvanometer verräth durch einen Strom, der dem erregenden Strom gleichgerichtet ist. Dubois nennt diesen Zustand des Nerven: Elektrotonus. Derselbe dauert so lange als der erregende Strom, er hört auf im todten Nerven und fehlt dem Muskel.

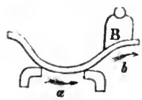


Fig. 15.

126. Theoretische Betrachtungen.

Der Elektrotonus ist uns zunächst desshalb wichtig, weil er dem Anfänger am ehesten Anknüpfungspunkte bietet zu einigen weiteren Vorstellungen über die Anordnung der elektrischen Theilchen des Nerven. Die Erscheinung versinnlicht sich, wenn man mit Dubois annimmt, die fictiven elektrischen Molekeln seien im Elektrotonus angeordnet nach dem Schema der Voltasäule. Wir können uns vorstellen, jede Nerven- und Muskelfaser bestehe aus einer unendlichen Zahl einzelner, aus einer + und einer — Hälfte zusammengesetzten, Elektromotoren von beliebiger Kleinheit, welche eingebettet wären in eine Zwischensubstanz, die mit keinen elektromotorischen Kräften, sondern bloss mit Leitungsvermögen für die Elektricität begabt wäre. Die vom erregenden Strom durchzogenen Nervenmolekeln würden im Elektrotonus so angeordnet, dass sich der + Elektrode der — Pol des Molekels a, Figur 16, zuwendet, während der + Pol von a dem — Pol des Molekels b gegenübersteht u. s. w.; also wird auch der — Electrode der + Pol von f zugewandt sein; mit einem Wort, das vom erregenden Strom durchzogene Nervenstück A zeigt die bekannte Anordnung der Elektromotoren der Voltasäule. Diese Anordnung selbst setzt sich aber, wie der Versuch

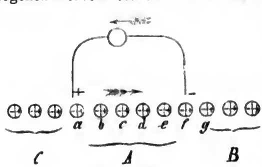


Fig. 16.

zeigt, in die Nervenstücke B und C fort, doch so, dass die dem Elektrotonus entsprechenden Nadelausschläge schwächer werden, je weiter die vom erregenden Strom durchzogene Nervenstrecke entfernt liegt von dem im Galvanometerkreis befindlichen Nervenstück. Letztere Erscheinung führt zur Annahme, dass die Molekeln a und f die nächsten, vom erregenden Strom nicht durchzogenen Molekeln genau richten und diese wiederum ihre Nachbarn u. s. w., d. h. der — Pol von g steht dem + Pol von f gegenüber u. s. w., wogegen die ungleichnamigen Pole der entfernteren Molekeln nicht vollkommen genau einander gegenüberlägen. Die elektrischen Molekeln wären demnach beweglich, drehbar.

Die Erscheinungen des ruhenden Nervenstromes verlangen selbstverständlich eine andere Anordnung der elektrischen Molekeln als der Elektrotonus. Ein Theil dieser Erscheinungen wird erklärt durch die Annahme, der Nerv und Muskel bestehe aus unendlich vielen, dem Kupfer-Zinkschema von 124 analogen, Elektromotoren. Dieselbe würden in eine Zwischensubstanz von den oben angenommen Eigenschaften eingebettet sein, d. h. diese Substanz würde von der + Oberfläche jedes Elektromotors zu den beiden — Flächen Ströme leiten, nach dem Schema der Figur 17. Die Verhältnisse bleiben sich gleich, wenn man jeden der Elektromotoren der Figur 17 in zwei spaltet, d. h. in Doppelmolekeln, deren + Pole einander zugekehrt wären. Vergleicht man letztere Anordnung mit dem Schema des Elektrotonus, so würde beim Uebergang aus der Ruhe in den Elektrotonus je der andere der Elektromotoren, a, c, e u. s. w., Figur 16, eine Drehung um 180° erleiden.

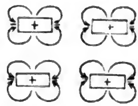


Fig. 17.



Fig. 18.

Die kleinsten Muskelfragmente, welche überhaupt noch zu einem Versuch benutzt werden können, ergeben das (123) entwickelte Stromgesetz; deshalb ist Dubois wohl im Recht, die elektrischen Gegensätze in den Bestandtheilen der Muskel- und Nervenfaser selbst zu suchen. Fig. 17 zeigt, dass die Muskeln und Nerven geschlossene Ketten darstellen; verbindet man 2 Punkte des Muskels oder Nerven durch die 2 Enden des Galvanometerdrahtes, so erhält man eine Nebenschliessung, d. h. einen, durch das Galvanometer ziehenden abgezweigten Strom, keineswegs aber einen Ausdruck der Stärke der im Nerven oder Muskel selbst entwickelten Ströme.

127. Ströme in den thätigen Nerven und Muskeln.

Der Elektrotonus ist eine künstliche Erscheinung und kein Begleiter der Innervation. Die Thätigkeiten der Nerven und Muskeln, d. h. die Bewegung oder Empfindung bedingenden Vorgänge in den Nerven und die Verkürzungen oder die activen Spannungen der Muskeln, sind begleitet von einer ganz anderen Veränderung des sogenannten ruhenden Nerven- und Muskelstromes.

Präparirt man einen Nerven sammt zugehörigem Muskel aus und bringt letzteren auf die Bäusche in den Galvanometerkreis, so weicht die Nadel ab im Sinne des ruhenden Nervenstromes. Man reizt nun den ausserhalb des Galvanometerkreises befindlichen Nerven, so dass der Muskel in anhaltende Zusammenziehung (Tetanus) kommt. Die Veränderung des elektrischen Zustandes des Muskels giebt sich, nach Dubois, kund am Galvanometer durch einen

bedeutenden Rückgang der Nadel, also eine scheinbare Schwächung des Muskelstromes. Dasselbe ereignet sich, wenn man die eine Hälfte eines Nerven in den Galvanometerkreis einführt und die andere, ausserhalb dieses Kreises liegende Nervenstrecke in passender Weise erregt, z. B. durch die Schläge der Inductionsmaschine.

Die nach aussen übertragbaren elektrischen Wirkungen der Nerven und Muskeln nehmen also in den thätigen Zuständen derselben jedenfalls ab, woraus aber nicht auf eine Abnahme der elektromotorischen Kräfte derselben geschlossen werden darf. Dubois stellt sich vor, während der Thätigkeit wechseln 2 elektrische Ströme in entgegengesetzten Richtungen, also einmal vom Querschnitt zur Oberfläche und das nächste Mal von der Oberfläche zum Querschnitt, mit anderen Worten: die kleinen fictiven Elektromotoren wären in beständigen Rotationen begriffen. (S. auch 129). Letztere geschehen aber so schnell, dass die Galvanometernadel nicht nachfolgen kann; sie giebt bloss die mittlere Wirkung an und diese Resultirende ist eben eine scheinbare Abnahme des Nervenstroms. Bemerkenswerth ist, dass diese molekuläre Bewegung im Nerven von der Reizstelle aus nach beiden Richtungen fortgepflanzt wird.

Taucht man nach Dubois je einen Finger einer Hand in ein Salzwassergefäss (Figur 8), so zeigt sich kein merklicher Strom. Die vom Rumpf gegen die Fingerspitze verlaufenden Ströme (123) beider Extremitäten gehen nämlich in entgegengesetzten Richtungen durch das Galvanometer; die Nadel bleibt desshalb ruhig. Spannt man nun willkürlich die Muskeln des einen Armes, so entsteht ein Strom, der in diesem Arm gerichtet ist vom Finger gegen die Schulter. Der Strom, den der thätige Arm in das Galvanometer schickt, ist schwächer, als der in der entgegengesetzten Richtung das Galvanometer durchlaufende Strom des ruhenden Armes; die Nadel muss also einen Strom anzeigen, der in dem thätigen Arm nach aufwärts verläuft.

128. Aeussere Wirkungen der Ströme.

A. Oeffnungs- und Schliessungszuckungen. Schickt man einen konstanten Strom durch einen Muskel oder dessen Nerven, so bemerkt man 1) Zuckung des Muskels beim Einbrechen des Stromes (Schluss der Kette); 2) Vollkommene Ruhe des Muskels während des Bestehens des Stromes, gleichgültig ob dieser stark oder schwach ist; 3) Zuckung beim Aufhören des Stromes (Oeffnen der Kette). Die Oeffnungszuckung fehlt jedoch bei schwachen Strömen (Bezold). Beide Zuckungen sind die Folgen eines raschen Wechsels des elektrischen Zustandes des Nerven und Muskels, sie entstehen nach plötzlichen Veränderungen der Stromstärke, fehlen aber während der Einwirkung solcher Ströme, die gleichmässig sind oder nur langsam ihre Intensität ändern.

Von Einfluss kann die Richtung des Stromes sein (Pfaff). Beim absteigenden Strom (der im Nerven in der Richtung gegen den Muskel geht) ist im Allgemeinen die Schliessungszuckung die stärkere oder selbst allein vorhanden, während der aufsteigende die Oeffnungszuckung begünstigt.

B. Ein konstanter Strom, der eine gewisse Strecke des Nerven durchzieht, versetzt den ganzen Nerven in den Elektrotonus (125), dabei wird zugleich die Erregbarkeit des Nerven verändert. (Valentin.) Nach Pflüger ist die Erregbarkeit der Nervenstrecke vor dem Strome erhöht, hinter dem Strome dagegen herabgesetzt.

Zum Beweise der ersten Pflüger'schen Behauptung bringt man, bei aufsteigendem Strom, oberhalb der von letzterem durchflossenen Nervenstrecke einen Tropfen Kochsalzlösung auf den Nerven; der Muskel geräth dadurch in Tetanus, erschlafft aber, wenn der Strom unterbrochen wird. In dieser Nervenstrecke hat also der Strom offenbar die Erregbarkeit erhöht. Zum Beweis des zweiten Pflüger'schen Satzes bringt man etwas Salzlösung auf den Nerven, worauf der Muskel in Tetanus geräth; hierauf schickt man einen aufsteigenden Strom durch eine Nervenstrecke oberhalb der mit Salz gereizten Stelle und der Tetanus verschwindet sogleich.

C. Der konstante Strom äussert nach Ritter auch Nachwirkungen auf die Erregbarkeit der Nerven. Leitet man einen mässigen Strom längere Zeit durch einen Nerven oder Muskel, auf- oder absteigend, so kommt häufig ein Zeitpunkt, wo man weder eine Oeffnungs- noch Schliessungszuckung erhält, wohl aber treten beiderlei Arten von Zuckungen in der Regel wieder ein, wenn man die Stromrichtung umkehrt.

D. Der konstante Strom bedingt bei sensibeln Nerven relativ starke Empfindungen beim Einbrechen und Aufhören, aber auch (im Gegensatz zu der oben erwähnten Muskelruhe während der Dauer der Ströme) Empfindung, freilich schwächerer Art, während des Bestehens des Stromes; also z. B. im Sehnerv Empfindung von Farbe, in den Hautnerven anhaltendes Prickeln u. s. w.

E. Leitet man Ströme von sehr kurzer Dauer schnell hinter einander durch einen motorischen Nerven oder Muskel, so geräth letzterer in anhaltende Verkürzung (Tetanus). Jeder Einzelstrom würde den Muskel zu einer kurzen Zuckung veranlassen; die Verkürzungen der schnell auf einander folgenden Schläge summiren sich aber zu einer anhaltenden Contraction. In sensibeln Nerven erregen diese Ströme anhaltende Empfindungen.

Der (konstante) Strom ist in diesem Fall gewissermassen jeden Augenblick unterbrochen. Gewöhnlich bedient man sich zur Hervorrufung dieser discontinuirlichen Ströme der elektromagnetischen Inductionsmaschine (s. die Lehrbücher der Physik), welche schnellstens auf einander folgende, in ihren Richtungen aber abwechselnde Ströme entwickelt. Duchenne lehrte die Wirkungen dieser Ströme sogar soweit zu localisiren, dass bestimmte Muskeln oder Nerven von denselben vorzugsweise getroffen werden. Umgiebt man die beiden Drahtenden mit feuchten Schwämmen und setzt letztere nahe an einander auf bestimmte Hautstellen, indem man sie zugleich in die Haut eindrückt, so können bestimmte motorische Nerven oder Muskeln erreicht und bei mässigen Stromstärken, schmerzlose Muskelcontractionen erzielt werden. Das Verfahren ist anwendbar zur Untersuchung der Wirkungen einzelner Muskeln.

129. Stromprüfende Muskeln.

Die Nerven und Muskeln können wegen ihrer grossen Empfindlichkeit für Elektricität benutzt werden, zur Ermittelung von Strömen von ausserordentlicher Schwäche. Der präparirte Froschschenkel kann demnach ebenfalls dienen, um wiederum thierisch-elektrische Ströme nachzuweisen. Hierher gehört z. B. die sogenannte inducirte Zuckung Matteucci's. Man präparirt von einem reizbaren Frosch den Wadenmuskel *a* sammt dessen Nerven aus und legt letzteren mit einer Stelle auf die Oberfläche, mit einer anderen auf den Querschnitt eines Muskels *b*. Es geht somit durch das aufgelegte Nervenstück der ruhende Muskelstrom von *b*. Wird nun *b* in Tetanus versetzt, so geräth Muskel *a* in denselben Zustand. Eine Schwankung des Muskelstroms *b*, zufolge der Con-

traction dieses Muskels, erregt nämlich den Nerven des Muskels *a;* letzterer zeigt aber nicht bloss eine Zuckung, sondern anhaltenden Tetanus. Daraus schliesst Dubois, dass der Rückgang (127) der Nadel während der Thätigkeit der Nerven oder Muskeln nicht der Ausdruck einer Schwächung des „ruhenden Nerven- oder Muskelstromes", d. h. eines konstanten Stromes sein kann, sondern dass diese Gebilde während ihrer Thätigkeit durchzogen werden von einer Reihe von Strömen, deren Wirkung auf den Muskel eben in anhaltendem Tetanus besteht (129 E).

130. Elektrische Fische.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Thierwelt gehören die elektrischen Entladungen, die einigen Fischen möglich sind: dem Zitterrochen (Mittelmeer), dem Zitterwels (afrikanische Flüsse) und Zitteraal (Flüsse und Landseen Südamerikas). Mit diesen Entladungen betäuben oder tödten sie Thiere, welche sie zur Beute haben wollen; der Zitteraal kann selbst Pferde tödten.

Zu den Entladungen dienen eigene, sehr nervenreiche Organe. Das elektrische Organ der europäischen Zitterrochen liegt zu beiden Seiten des Kopfes und vorderen Rumpfes; es besteht aus vielen hunderten, durch fibröse Scheidewände von einander abgegrenzten, von oben (Rückenseite) nach unten senkrecht gestellten Säulchen, die durch horizontale Plättchen in zahlreiche Fächer getheilt sind. Jedes Fach enthält etwas Flüssigkeit.

Walsh zeigte zuerst, dass die Schläge dieser Fische den gewöhnlichen elektrischen Entladungen vollkommen gleichen. Im Moment der Entladung ist die Rückenseite des Rochen +, die Bauchseite — elektrisch. Das elektrische Organ dieses Thieres erhält sehr starke Nervenzweige vom Trigeminus; nach Durchschneidung des Nerven hören die Schläge auf (Todd), doch sind Entladungen möglich auch am ausgeschnittenen Organ nach Reizung des Nerven (Matteucci). Die Centralorgane des elektrischen Nerven sind beim Rochen im Gehirn: die lobi electrici; im Aal und Wels dagegen im Rückenmark. Die Schläge sind nur von sehr kurzer Dauer, sie können sich aber unter Umständen sehr schnell wiederholen; sie sind willkürlich (doch nimmt das Entladungsvermögen nach und nach ab) oder unwillkürlich (reflectorisch) nach vorheriger Reizung sensibeler Nerven. Strychninvergiftung begünstigt die Reflexschläge in hohem Grade. Wird der Nerv des elektrischen Organes durch die Schläge der Inductionsmaschine „tetanisirt", so entladet sich nach Dubois-Reymond das Organ mittelst schnellstens auf einander folgender Schläge. Die Elektricitätsquelle liegt wahrscheinlich im Nervensystem dieser Thiere, die stärksten Entladungen treten nach Matteucci ein bei Berührung der lobi electrici selbst.

VI. Allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen.

131. Bestandtheile der Gelenke.

Die Bewegungen der Knochen werden ermöglicht durch die eigenthümlichen Verbindungsweisen derselben unter sich: die Gelenkapparate. Von den nicht durch eigentliche Gelenke vermittelten Knochenverbindungen sehen wir hier ab. Am Gelenk unterscheidet man zunächst die Gelenkflächen, d. h. die mit Knorpel überzogenen freien Enden der Knochen. Dieselben dienen als resistente, die Gewalt der Stösse mindernde Polster, während ihre Glätte in hohem Grade das Hin- und Hergleiten der Gelenkflächen begünstigt. Neben den Gelenkflächen entspringt die Kapsel, welche die Gelenkhöhle nach aussen abschliesst. Ausserdem erhält die Kapsel Ligamente, welche als Verstärkungsmassen das Gelenk fester machen und als Hemmungsapparate wirken, indem sie sich bestimmten oder zu starken Bewegungen widersetzen. Die Gelenkhöhle ist, mit Ausnahme der Knorpel, überzogen von der Synovialmembran, der Absonderungsquelle der sog. Gelenkschmiere (Synovia), welche vorzugsweise die Reibung der übereinander gleitenden Knorpelflächen mindern hilft. Die alkalische Synovia hält 3—5 % Fixa und verdankt die Viscosität ihrem Eiweiss- und Mucingehalt.

Die Knochen, die schwersten Theile des Körpers (specifisches Gewicht nahezu 2) besitzen eine verhältnissmässig grosse Cohäsion; für 1 □ Linie Knochenquerschnitt sind 30—140 Pfunde nothwendig, wenn Zerreissung erfolgen soll.

Die Gelenkflächen werden zusammengehalten 1) durch die Gelenkkapsel und deren Verstärkungsapparate, 2) die über die Gelenke gespannten Muskeln und 3) den Luftdruck, der namentlich in den mit tieferen Pfannen versehenen Gelenken stärker wirksam ist. Die Bildung einer Luftleere im Gelenk ist nämlich nicht möglich, also muss der Luftdruck die zwei Gelenkflächen gegeneinander pressen.

132. Eintheilung der Gelenkflächen.

Aus den Formen der Gelenkflächen ergeben sich unmittelbar die Bewegungsweisen der Knochen, d. h. die Richtungen und die möglichen Grössen (Excursionsweiten) der Bewegungen. Dabei bewegt sich die eine Gelenkfläche über die andere, so zwar, dass die Bewegung erfolgt um gewisse feststehende Punkte (Drehaxe der Bewegung).

I. Gewerbgelenk (Ginglymus). Die eine Gelenkfläche ist convex, und zwar nur in einer einzigen Richtung, die andere Fläche zeigt die entsprechende Hohlform. Drehung ist nur möglich um eine einzige Axe; die Bewegung selbst verbleibt streng in einer Ebene. Man unterscheidet bloss Beugung und Streckung. Immer sind vorhanden seitliche Hülfsbänder, welche in allen Stellungen der Knochen gleichmässig gespannt sind und somit die Ginglymusbewegungen nicht hemmen. Als Hemmungsapparate dienen Knochenvorsprünge, z. B. das Olecranon des Ellbogengelenkes.

Langer beschreibt eine Abart dieser Gelenke als Schraubengewerbgelenk. Am deutlichsten ist die Schraubenform im Tibio-astragalusgelenk. Die Astragalusrolle stellt einen Abschnitt einer Schraubenspindel, die Tibiafläche dagegen einer Schraubenmutter dar. Das rechte Gelenk entspricht einer linksgewundenen Schraube und umgekehrt. Oftmals ist freilich die Schraubenform nur wenig entwickelt, d. h. die Höhe des Schraubenganges, von dem das Gelenk einen Ab-

schnitt bildet, ist sehr gering. Für die gewöhnliche Betrachtung reicht die Auffassung solcher Gelenke als Gewerbgelenke hin.

II. Drehgelenk (Rotatio). Die eine Fläche hat eine Cylinder-, die andere die entsprechende Hohlform.

Entweder 1) dreht sich ein Knochen mit seiner Cylinderfläche in einem Ring, der gebildet wird von dem andern Knochen und von Bändern (z. B. Capitulum radii und incisura semilunaris ulnae); die Drehaxe liegt in der Längsaxe des sich drehenden Knochens. Oder 2) es dreht sich die Hohlfläche eines Knochens um einen andern von Cylinderform, z. B. Atlas um den Zahnfortsatz des Epistropheus; die Drehaxe liegt hier im ruhenden Knochen.

III. Kugelgelenk (freie Arthrodia). Die eine Fläche ist ein Theil einer Kugel, die Vertiefung dagegen zeigt die entsprechende hohlkugelige Form (Caput femoris und Beckenpfanne; Oberarmknochen und Schulterblatt). Die Bewegungen sind, wie bei einer Kugel, möglich um unendlich viele Axe, die sich schneiden im Kugelcentrum. Daraus ergiebt sich eine Allseitigkeit der Bewegung, wie bei keinem andern Gelenk, die zudem begünstigt wird durch die Schlaffheit und Weite der Gelenkkapsel. Die Bewegungen erfolgen 1) in beliebigen Ebenen, oder 2) der bewegte Knochen beschreibt die Peripherie eines Kegels, und endlich sind 3) Rotationen möglich um die Längsaxe des Knochens.

IV. Beschränkte Arthrodie, mit rundlichem Gelenkkopf einer- und entsprechender Grube anderseits. Sie gestattet dieselben Bewegungen (jedoch mit geringeren Excursionsweiten) wie das Kugelgelenk, mit Ausnahme der Rotation um die Längsaxe, z. B. Carpusknochen und Vorderarm; Mittelhandknochen und (mit Ausnahmen des Daumens) erste Phalangen der Finger.

V. Sattelgelenk. (Zuerst von Bergmann beschrieben.) Man unterscheidet eine zweifache Krümmung, wie im Sattel, der eine Convexität von rechts nach links und eine Concavität von vorn nach hinten bildet. Hierher gehören (ausser den Gelenken der Wirbelkörper der Vögel) namentlich die Verbindung des os metacarpi pollicis mit dem os multangulum majus. Die Hauptbewegungen des Metacarpusknochens des Daumens sind Ginglymusbewegungen, nämlich 1) die Opposition und Abduction des Daumens, 2) die Bewegung in einer dazu senkrechten Ebene, ausserdem aber auch 3) minder ausgiebige Bewegungen in anderen Ebenen, und 4) Beschreibung eines kegelförmigen Raumes. Dadurch entsteht das Ansehen von (beschränkten) Arthrodiebewegungen.

VI. Straffes Gelenk (Amphiarthrosis). Die Gelenkfläche ist nahezu eben, die Bänder sind kurz und wenig nachgiebig, die Gelenkflächen fast gleich gross, die Bewegungen also unbedeutend, aber möglich nach allen Richtungen (z. B. Handwurzelknochen unter einander).

Viele Gelenke bieten so specielle Einrichtungen, dass sie sich nur im Allgemeinen in die angegebenen Formen einreihen lassen, so z. B. das Unterkiefer- und Kniegelenk, die wir 202 und 288 betrachten.

133. Zugwirkungen der Muskeln auf das Skelet.

Die Muskeln werden hier bloss betrachtet als Körper, welche Zugkräfte ausüben auf ihre Insertionen, ohne Rücksicht auf die Ursachen dieser Kräfte. Dadurch ist die Aufgabe, wenigstens die ihrer allgemeinen Fassung, ein einfaches

Problem der Mechanik, so dass schon Borelli vor fast 200 Jahren mit Erfolg die Grundnormen der Skeletbewegungen auf die Hebelgesetze zurückführen konnte.

Die Muskeln inseriren sich vermittelst der Sehnen an das Periost der Knochen. Die Sehnen sind fest, und (wenigstens durch die im Körper wirksamen Muskelzüge) undehnbar; ihre im Verhältniss zu den Muskeln oftmals sehr geringen Dicken ermöglichen es, dass selbst Muskeln von bedeutendem Querschnitt auf eine beschränkte Stelle eines Knochens wirken können. Die Sehnenlänge wechselt ungemein; die sehr langen Sehnen gestatten den Muskeln Wirkungen auf entfernte Knochen. Die Bewegungen mancher Sehnen werden durch Sehnenscheiden und die sogenannten Schleimbeutel erleichtert.

Die thätigen Muskeln werden 1) entweder bloss gespannt, sie vollführen keine Bewegungen, wenn entweder die Widerstände zu gross, oder alle, ein Gelenk überschreitenden Muskeln im Gleichgewicht sind; es erfolgt dann bloss ein stärkeres Anpressen der Gelenkflächen gegeneinander; oder 2) die Widerstände sind zu besiegen: es entstehen nunmehr Bewegungen; die eine Insertion (punctum mobile) giebt dem Zug des Muskels nach und nähert sich der anderen Insertion (p. fixum).

134. Kraft- und Geschwindigkeitshebel.

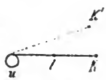


Fig. 19.

In Figur 19 sei *u* der Unterstützungspunkt des Hebels *u k*, in *l* sei die Last, in *k* die Kraft. Wird der Hebel in die Lage *u k'* gebracht, so macht das Ende des Krafthebels eine grössere Bewegung als das Ende des Lasthebels; die Wirkung ist also eine kleine aber kräftige Bewegung der Last, indem der Hebel *u k*, durch seine grössere Länge, dem Lasthebel *u l* gegenüber im Vortheil ist. Daher der Name Krafthebel. Beispiel: der grosse Wadenmuskel; er hebt den Körper in die Höhe, indem er die Sohle vom Boden entfernt und den Fuss auf die Köpfchen der Mittelfussknochen (Unterstützungspunkt *u*) stellt; *l* fällt in die Axe des Fussgelenkes im Sprungbein und *k* in die Insertion der Achillessehne am Höcker des Fersenbeines.

Liegt die Kraft näher dem Unterstützungspunkt als die Last, so macht das Ende des Lasthebels grosse Bewegungen; daher der Name Geschwindigkeitshebel. Dieselben sind aber minder kräftig, weil nunmehr der Krafthebel als kürzerer im Nachtheil ist. Z. B. bei der Hebung des Armes durch den Deltoides liegt die Last unterhalb der Insertion dieses Muskels.

Nach den Gesetzen der Mechanik ist Gleichgewicht am Hebel vorhanden, d. h. es tritt keine Bewegung ein, wenn die statischen Momente der Kraft und Last gleich sind. Unter statischem Moment versteht man das Produkt der Hebellänge in das, die Kraft oder Last ausdrückende Gewicht. Beschwerte Ed. Weber den Körper eines Erwachsenen mit zunehmenden Gewichten, so konnten schliesslich die Wadenmuskeln die erhöhte Körperlast nicht mehr überwinden, d. h. die Fersen nicht mehr vom Boden erheben. Die Summe des Körper- und des aufgelegten Gewichtes betrug 430,6 Kilogramme, diese standen also im Gleichgewicht mit der Kraft der Wadenmuskeln. Die Länge des Lasthebels, ul. Fig. 19, betrug 0,129 Meter, das statische Moment der Last demnach 55,55 Kilogrammmeter. Die Länge des Krafthebels u k war 0,172 Meter. Also haben wir $55{,}55 = 0{,}172\ x$, d. h. x die

(statische, 92) Kraft der Wadenmuskeln beider Seiten war 323 Kilogramme. Dies gäbe für 1 Quadrat C. M. Muskelquerschnitt etwa 1 Kilogramm statischer Kraft.

135. Zusammenhang zwischen Muskellänge und Bewegungsgrösse.

Die Insertionspunkte der Skeletmuskeln zeigen sehr verschiedene Abstände von einander; ein Zusammenhang zwischen den Grössen dieser Abstände und den Bewegungsgrössen der Muskeln (d. h. den Näherungen der Insertionspunkte) ist schon desshalb nicht vorhanden, weil das Verhältniss der Sehnenlänge zur Länge der Muskelfasern in den verschiedenen Muskeln ausserordentlich schwankt. Anders aber verhält es sich, wenn man auf die Längen der Muskelfasern, mit Ausschluss der Sehnen, Rücksicht nimmt. Dieselben schwanken zwischen 5 bis 450 Millimetern, immer aber verhalten sich, nach Ed. Weber, die Längen der Muskelfasern in ihren gewöhnlichen Ruhelagen zu deren Längen im Zustande der grösstmöglichsten, durch die Gelenke u. s. w. noch gestatteten Verkürzungen, annähernd wie 2 : 1. Es besteht also ein bei den Skeletmuskeln nahezu konstantes, durchgreifendes Verhältniss zwischen Muskellänge und Bewegungsgrösse.

136. Richtung des Muskelzuges.

Die senkrechten Insertionen der Muskeln an die zu bewegenden Knochen gestatten, unter sonst gleichen Verhältnissen, die stärksten Muskelwirkungen; der Masseter z. B. presst den Unterkiefer kräftig gegen den Oberkiefer. Die Gestaltverhältnisse des Skelettes bringen es aber mit sich, dass die meisten Muskeln mehr oder weniger schief inseriren. Dadurch geht zunächst allerdings Kraft verloren. a, Figur 20 sei die auf der Papierebene senkrechte Drehaxe, $m'm$ die Richtung der Muskelkraft. Letztere kann, nach dem Gesetz des Kräfteparallelogrammes, zerlegt werden in eine auf den Hebelarm ma senkrecht wirkende Kraft im und eine, die Gelenkflächen an einander pressende Kraft $mg = im'$. Ist aber der Knochen stärker flektirt, also z. B. in die Lage der Figur 21 übergeführt, so ist im im Verhältniss zu im' viel begünstigter; bei der senkrechten Stellung von $m'm$ auf ma endlich übt der Muskel die sonstigen Bedingungen als gleich angenommen, das Maximum seiner Wirkung aus. Bei der Strecklage des Knochens würde, wegen grösster Schiefheit der Insertion, die Kraft im fast Null, d. h. das Eintreten der Beugung ungemein schwer werden, wenn nicht die grössere Dicke der Knochen in der Nähe der Gelenke der Sehne eine weniger schiefe Richtung gegen den Insertionspunkt gäbe.

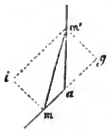


Fig. 20



Fig. 21.

Bei schief inserirenden Muskeln wird also, im Verlauf der Beugungsbewegung, der Insertionswinkel minder spitz und die Bewegung dadurch erleichtert. Dazu kommt noch der weitere Vortheil, dass schief inserirende Muskeln sich bei weitem nicht so stark zu verkürzen brauchen, um dem Knochen eine bestimmte Bewegung zu ertheilen, als senkrecht inserirende.

137. Abstand der Muskelinsertion von dem Gelenk.

Die Mehrzahl der Muskeln inserirt mehr oder weniger nahe den Gelenken, d. h. der Krafthebel ist kurz, der Lasthebel lang. Geht dadurch zunächst allerdings Kraft verloren, so wird solche auf der anderen Seite wieder erspart, weil die Muskelverkürzungen geringer ausfallen dürfen. Unter der Voraussetzung, dass Figur 22 das punctum fixum in *a* liegen müsse, braucht der Muskel *a b*, wenn er dem Knochen *d c* die Stellung *c f* zu geben hat, sich um einen geringeren Bruchtheil seiner Länge zusammenzuziehen, als wenn dieses Geschäft dem Muskel *a g* übertragen wird.

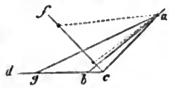


Fig. 22.

Physiologie der Specialfunctionen.

VII. Kreislauf des Blutes.

138. Schema des Kreislaufsapparates.

Der Kreislaufsapparat besteht aus dem, durch seine Zusammenziehungen die Dienste eines Pumpwerkes leistenden Herzen und sehr zahlreichen, vielfach sich verästelnden Röhrenleitungen, den Blutgefässen. Man unterscheidet: 1) Arterien. Das Blut fliesst vom Stamm gegen die Aeste und Zweige. Der Hauptstamm wird gespeist von der Herzkammer. 2) Capillaren. Die engsten Gefässe, welche den Uebergang bilden zu den 3) Venen. In diesen strömt das Blut von den Zweigen gegen die Stämme; die Hauptstämme münden in den Herzvorhof. Bei den Säugethieren und Vögeln unterscheidet man zwei Abschnitte des Kreislaufes: 1) Lungenblutbahn, rechtes Herz, die daraus entspringende Lungenarterie, Lungencapillaren, Lungenvenen, mündend in den linken Vorhof. 2) Körperblutbahn; linkes Herz, die daraus entspringende Aorta und deren Verzweigungen, Capillaren des gesammten Körpers, Körpervenen, mündend in den rechten Vorhof.

Dass das Blut sich bewege, gehört zu den ältesten Annahmen in der Medicin, jedoch war man vielfach im Unklaren über Richtungen, Geschwindigkeiten, überhaupt die wesentlichsten Eigenschaften dieser Bewegungen. Harvey erwies 1628 die mechanische Nothwendigkeit der Circulation; seine Entdeckung ist wegen der, namentlich für die vegetativen Thätigkeiten fundamentalen Wichtigkeit des Vorganges die unmittelbar consequenzenreichste in der bisherigen Physiologie geworden.

A. Hydraulische Vorbemerkungen.

139. Spannung der Flüssigkeiten.

Man kann sich die tropfbaren Flüssigkeiten hypothesisch vorstellen als zusammengesetzt aus Molekeln von beliebiger Kleinheit, die unter sich wiederum durch gewisse Abstände getrennt sind. Die Abstände sind die Folge einer

Summe von anziehenden und abstossenden, im Näheren jedoch unbekannten Kräften.

Wirkt ein Druck auf eine tropfbare Flüssigkeit, welche, in einem Behälter eingeschlossen, nicht ausweichen kann, so erfahren die Molekeln eine gewisse Nährung. Dadurch werden ihre abstossenden Kräfte stärker in Anspruch genommen, die Molekeln zeigen jetzt eine gewisse „Spannung". Das Volum einer tropfbaren Flüssigkeit kann aber selbst durch enorme Drücke nur ausserordentlich wenig verkleinert werden; die Spannung wird also schon sehr bedeutend, selbst bei einer minimen Nährung der Molekeln.

Die gespannte Flüssigkeit drückt auf die Wand des Behälters; dieser Druck wird am einfachsten gemessen mittelst einer in die Wand eingesetzten senkrechten Röhre (Druckmesser) Die Flüssigkeit steigt in letzterer bis zu einer gewissen Höhe und steht dann im Gleichgewicht mit der im Behälter befindlichen Flüssigkeit. Wegen der Verschiedenheiten der specifischen Gewichte werden die Flüssigkeitssäulen in den Druckmessern ausgedrückt in Wasser- oder Quecksilberhöhen; dadurch werden die Spannungen (Druckgrössen) unmittelbar mit einander vergleichbar.

140. Bewegung der Flüssigkeiten.

Wasser, welches in einem mit Ausflussöffnung versehenen Behälter sich befindet, kann auf sehr verschiedene Weise, z. B. durch die blosse Schwere der Wassersäule selbst, oder durch den Druck eines Stempels, oder den Druck der kontraktilen Wandung des Behälters u. s. w., zum Ausströmen gebracht werden; immer aber ist die Kraft, welche die Bewegung verursacht, ausdrückbar durch die Höhe h einer Wassersäule in dem Behälter. Würde dem Ausfliessen gar kein Widerstand entgegenstehen, so könnte die ganze Kraft des Druckes h verwendet werden zur Herstellung der Bewegung; das Wasser würde alsdann aus der Mündung strömen mit einer Geschwindigkeit, gleich derjenigen, die ein Körper erlangt hat, der durch den Raum h herabgefallen ist. Die wirklichen Ausflussgeschwindigkeiten sind aber immer geringer, weil das Wasser ohne Widerstände, z. B. Reibung an der Ausflussmündung, nicht ausströmen kann. Die Kraft h wird demnach nicht bloss verwendet, um das Fliessen zu bewirken, sondern auch, um den beim Fliessen sich geltend machenden Widerständen das Gleichgewicht zu halten. Beide Kräfte können aber wiederum ausgedrückt werden durch die Höhen zweier Wassersäulen: die Widerstandshöhe w und die Geschwindigkeitshöhe g, Figur 23, so dass $w + g = h$. Die Geschwindigkeiten wachsen mit zunehmenden Drücken (Höhen von h), sie verhalten sich, dem Torricelli'schen Gesetz gemäss, bei den Drücken (h) 1, 4 und 9, wie 1, 2, 3, d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln der Drücke und die Drücke wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

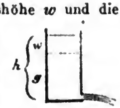


Fig. 23.

141. Ursache der Stromwiderstände.

Die Widerstände nehmen beträchtlich zu, wenn der Ausfluss durch eine in den Behälter eingesetzte längere Röhre erfolgt. Die Geschwindigkeitshöhe

kann dann sehr viel kleiner werden als die Widerstandshöhe; sie ist selbst unmittelbar demonstrirbar, wenn man das Wasser aus dem Röhrenende in einem senkrecht nach aufwärts gerichteten Strahl ausfliessen lässt.

Wir können uns vorstellen, dass die Widerstände zunächst ausgehen von der Röhrenwand; dadurch erfährt die äusserste Wasserschicht eine Hemmung, ja sie kann nahezu als ruhend angesehen werden. Die Theilchen der zweitäussersten concentrischen Wasserschicht müssen sich losreissen von denen der äussersten Schicht; dadurch wird auch ihr Fliessen gehemmt, um so mehr als die äusserste Schicht nahezu unbeweglich ist. Dessgleichen reiben sich die Theilchen der dritten Schicht an denen der zweiten; der Kraftverlust ist aber schon etwas geringer, da auch die zweite Schicht in Bewegung begriffen ist. Die Hemmungen nehmen also ab gegen die Mitte der Röhre und die Geschwindigkeitsunterschiede der von der Wandung nur etwas entfernteren concentrischen Schichten sind so gering, dass sie nicht mehr in Betracht kommen. Man unterscheidet somit: die mehr oder weniger dünne ringförmige Wandschicht mit langsamem, und die Mittelschicht mit schnellem Fliessen, sowie die durchschnittliche Geschwindigkeit des Strömens in dem ganzen Querschnitt.

Der Anfänger mag hier, der Messungen an den Blutgefässen wegen, erinnert werden, dass der Umfang einer runden Röhre vom Halbmesser r = ist 6,28 r; der Querschnitt (Lumen) der Röhre = 3,14 r^2, ferner dass die Ausflussmenge = ist Röhrenlumen mal Geschwindigkeit, also die Geschwindigkeit = Ausflussmenge dividirt durch Röhrenlumen.

142. Das Fliessen in gleichweiten geraden Röhren.

Dieser einfachste Fall soll zugleich dienen zur Erörterung einiger allgemeineren hydraulischen Grundlehren. Ist die Röhre in ihrem ganzen Verlauf gleichweit, so müssen die Stromgeschwindigkeiten (also auch die aus diesen berechenbaren Geschwindigkeitshöhen) in jedem Röhrenquerschnitt dieselben sein. Setzt man in die Röhre einige Druckmesser in gleichen Abständen von einander ein, Figur 24, so nehmen die Wasserhöhen in denselben gegen die Ausflussmündung ab; am Anfang der Röhre sind die Widerstände am grössten, an der Ausflussmündung dagegen sind sie = *o*. In jedem Röhrenabschnitt muss aber, wegen der Gleichheit des Querschnittes, die den Vorgang überhaupt unterhaltende Kraft *h* in gleicher Weise abnehmen, die obersten Punkte der Wassersäulen in den auf einander folgenden Druckmessern liegen, desshalb in einer gegen die Ausflussmündung hin sich senkenden Graden. (Fig. 24, ausgezogene Linie.)

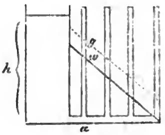


Fig. 24.

Denkt man sich zu den Widerstandshöhen in den Druckmessern noch hinzu die Geschwindigkeitshöhe *w g*, Figur 24, welche in der gleichweiten Röhre überall dieselbe ist, so hat man an jedem Röhrenabschnitt die Kraft, welche von der ursprünglichen Druckkraft *h* noch übrig geblieben ist. In dem weiten Behälter bewegt sich das Wasser langsam; die Widerstände sind hier = *o*, sie beginnen erst beim Einströmen in die Röhre. Desshalb nimmt

die ursprüngliche Kraft *h* successiv ab, sie hat an der Stelle des ersten Druckmessers nur noch den Werth *ga*.

Ein Theil der hemmenden Wirkungen folgt aus dem Vordersatz, dass die Hemmungen zunächst ausgehen von der Röhrenwand (141). Desshalb wachsen die Widerstände, wenn die Berührungen vermehrt werden zwischen Wandung und Wasser. Folgende Ursachen bestimmen vorzugsweise die Widerstände:

1) Röhrenlänge. Man setzt verschieden lange Ausflussröhren in den Behälter und lässt das Wasser immer mit derselben Geschwindigkeit ausströmen; die Widerstände (Druckhöhen im ersten Druckmesser) steigen dann proportional den zunehmenden Röhrenlängen, d. h. proportional den wachsenden Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand.

2) Röhrenquerschnitt. Je kleiner die Querschnitte, desto grösser werden, im Verhältniss zu der im Querschnitt enthaltenen Wassermenge, die peripheren Reibungen; die Widerstände wachsen demnach ungefähr in dem Verhältniss als die Durchmesser abnehmen.

Mit zunehmender Röhrenperipherie wächst der Widerstand, d. h. die Berührung zwischen Wasser und Wandung, zugleich aber auch die freifliessende Mittelschicht. Der Widerstand vertheilt sich aber auf das Wasser des ganzen Querschnittes, also auf eine im quadratischen Verhältniss der Durchmesser wachsende Wassermasse. Die Wirkungen der Röhrendurchmesser d werden somit ausgedrückt durch $\frac{d}{d^2} = \frac{1}{d}$, d. h. die Widerstände verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser. In Röhren von nur wenigen Millimetern Durchmesser wachsen aber die Widerstände noch rascher, als die Durchmesser abnehmen (s. auch 145).

3) Stromschnelle. Schnelles Fliessen vermehrt die Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand und zwischen den mit verschiedenen Geschwindigkeiten begabten concentrischen Wasserschichten. Man kann bei grösseren, in Organismen aber nicht mehr vorkommenden, Stromschnellen annähernd annehmen, dass die Widerstände wachsen etwa im quadratischen Verhältniss der Geschwindigkeiten, d. h. den Geschwindigkeiten 1, 2, 3 würden entsprechen die Widerstände 1, 4, 9.

4) Wärme mindert die Widerstände.

5) Natur der Flüssigkeit, s. 145.

Die Geschwindigkeiten wachsen mit abnehmenden Längen und zunehmenden Durchmessern der Röhren, mit wachsender Temperatur, und hängen ausserdem noch ab von der Natur der Flüssigkeit selbst.

Früherem zufolge (140) wachsen endlich die Geschwindigkeiten mit zunehmenden Grössen der, den Vorgang überhaupt unterhaltenden Kraft, d. h. der Druckhöhe *h*. Da aber $h = g + w$, so müssen, wenn *h* zunimmt, ausser den Geschwindigkeiten auch die Widerstände wachsen; jedoch nehmen dann erfahrungsgemäss die Geschwindigkeiten relativ etwas stärker zu, als die Widerstände.

143. Fliessen in ungleichweiten Röhren.

Die Röhre, Figur 25, bestehe aus 3 gleichlangen Abschnitten 2, 4 und 1, deren Querschnitte sich verhalten sollen wie diese Zahlen. Die in jedem der 3 Abschnitte enthaltenen Wasservolume sind somit den Querschnitten pro-

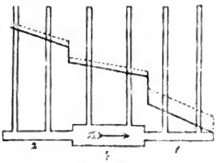


Fig. 25.

portional, also muss sich Abschnitt 1 viermal entleeren, bis 4 einmal und Abschnitt 2 zweimal sich entleert haben. Die Stromschnellen verhalten sich also umgekehrt wie Querschnitte; die Geschwindigkeitshöhen (= Abstände der punktirten und ausgezogenen Linie in der Figur) verhalten sich in den 3 Abschnitten 2, 4 und 1 wie 4 : 1 : 16. Am stärksten sind die Widerstände in dem engen 1, am geringsten in 4; setzt man desshalb je 2 Druckmesser in jeden Abschnitt, und zwar in gleichen Abständen von einander ein, so müssen die Druckhöhen (ausgezogene Linie in der Figur) am meisten differiren zwischen den 2 Druckmessern von 1, am wenigstens in Abschnitt 4. Die Widerstände nehmen also hier nicht, wie in gleichweiten Röhren, gegen die Ausflussmündung hin stetig ab.

144. Fliessen in verzweigten Röhren.

Wir betrachten bloss den einfachsten Fall der, die mannigfaltigsten Anordnungsweisen zulassenden Röhrenverzweigungen. Die gleichweiten Röhren *a* und *v* in Figur 26 seien verbunden durch zwei Arme: den engen *e* und den weiteren *w*. Die Summe der Querschnitte von *e* und *w* sei grösser als der Querschnitt *a*; desshalb strömt das Wasser schneller in *a* und *v*, wogegen die mittlere Stromschnelle in *e* und *w* zusammengenommen, geringer ist. In *w* aber ist das Strömen rascher als in dem, grössere Widerstände bietenden *e*. Letzteres zeigt eine plötzliche Krümmung, das Wasser stösst also gegen die konvexe Seite der Röhrenwand und erleidet dadurch einen Kraftverlust. Erfolgt aber die Krümmung allmälig, wie in *w*, so ist die Richtungsänderung der Theilchen in jedem Augenblick nur unbedeutend, die konvexe Seite der Röhrenwand empfängt somit schwächere Stösse, die Stromhemmungen werden geringer.

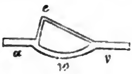


Fig. 26.

Die durch die Röhrenwinkel gesetzten Widerstände werden um so grösser, je spitzer die Winkel und je grösser die Stromgeschwindigkeiten sind. Die Krümmungen sind aber nur dann von merklicherem Einfluss, wenn die übrigen Widerstandsursachen klein sind, also bei kleinen Thieren mit relativ geringen Blutdrücken, nicht aber bei grösseren Thieren

145. Fliessen in Haarröhrchen.

Lässt man Wasser, das feine Körperchen suspendirt enthält, durch Glascapillaren fliessen, so wird, eben an der Bewegung dieser Körperchen, die langsam fliessende Wandschicht (141) direkt wahrnembar. Je enger die Capillaren, desto mehr nimmt die Dicke der Wandschicht im Vergleich zur Mittelschicht zu; bei sehr engen Capillaren kann selbst der ganze Röhreninhalt gehemmt sein, d. h. der Druck von hinten ist nicht im Stand, die in den Capillaren vorhandenen Widerstände zu besiegen.

Das Fliessen durch Capillaren ist besonders von Poiseuille untersucht worden. In feinen Capillaren verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die

zweiten Potenzen der Durchmesser (Capillaren von Durchmessern 1, 2, 3 entsprechen die Stromgeschwindigkeiten 1, 4, 9) und wie die Druckhöhen h.

In weiten Röhren (142) wachsen die Geschwindigkeiten im einfachen Verhältniss der zunehmenden Durchmesser, dagegen bloss wie die Quadratwurzeln der zunehmenden Druckhöhen. Die von der Röhrenwand ausgehenden Strombemmungen sind in Capillaren relativ sehr viel bedeutender.

Die Geschwindigkeiten nehmen in Capillaren, wie in weiten Röhren, ab mit zunehmenden Röhrenlängen und hängen in hohem Grade ab von der Natur der strömenden Flüssigkeit. Wässrige Lösungen von Salzen der Alcalien fliessen etwas schneller durch Capillaren als Wasser; Zusätze gewisser Säuren oder von Alcohol zum Wasser mindern dessen Geschwindigkeit. Serum fliesst fast noch einmal so langsam, defibrinirtes Blut aber 6 mal langsamer durch Capillaren als destillirtes Wasser.

Das Röhrenmaterial ist ohne wahrnehmbaren Einfluss auf das Fliessen; es kann desshalb eine durch eine Röhre strömende Flüssigkeit angesehen werden, als umgeben von einer, aus der Flüssigkeit selbst gebildeten Wand, d. h. der stockenden Wandschicht. Die an Glascapillaren gewonnenen Erfahrungen sind demnach auch auf die Haargefässe des Organismus anwendbar. Sehr bemerkenswerth ist, dass das Blut vermöge seiner Beschaffenheit dem Strömen nicht unbedeutende Widerstände entgegensetzt.

146. Fliessen in elastischen Röhren.

Setzt man in die Ausflussmündung des Behälters eine elastische Röhre ein, so erfolgt das Fliessen wie in einer starren Röhre. Die Einflüsse des Röhrenmateriales zeigen sich erst, wenn das Wasser durch ein Pumpwerk zum Strömen gebracht wird; die das Fliessen unterhaltende Kraft (unsere Druckhöhe h) wirkt nunmehr nicht continuirlich, sondern in einer gewissen, oftmals rhythmischen, Folge, d. h. die Wassermassen werden stossweis in die Röhre eingetrieben. Aehnliche Bedingungen wiederholen sich an der Herzpumpe und den Blutgefässen; einige Erscheinungen des Fliessens in elastischen Röhren werden übrigens, nach Vorausschickung der betreffenden physiologischen Vorfragen, für unsere Zwecke verwerthbarer und desshalb erst in 167 abgehandelt.

Man füllt eine sehr lange elastische Röhre prall mit Wasser, versieht deren Ausflussmündung mit einem Hahn und setzt in das andere Ende eine Spritze und in den Verlauf der Röhre einige Druckmesser. Fängt, nach Oeffnung des Hahnes das Wasser an zu fliessen, so sinken die Wasserstände in den Druckmessern rasch. Wird aber durch eine schnelle Bewegung des Spritzenstempels neues Wasser in den Anfang der Röhre eingetrieben, und zwar in grösserer Menge als während der Stempelbewegung gleichzeitig aus der Ausflussmündung auslaufen kann, so erweitert sich zunächst das Anfangsstück der Röhre, die Wassersäulen in den ersten Druckmessern steigen und das Wasser fliesst hier mit grösserer Geschwindigkeit. Kommt der Stempel in Ruhe, so zieht sich das gedehnte Anfangsstück zusammen; dadurch wird das überschüssige Wasser weiter getrieben und ein entfernterer Röhrenabschnitt gedehnt und so schreiten Dehnungen und Zusammenziehungen successiv und wellenförmig fort bis zur Ausflussmündung (s. 167).

Folgen die Stempelstösse schnell aufeinander, so wird die Röhre immer gehörig prall erhalten; das Wasser fliesst dann continuirlich aus, aber zunehmend schneller während des Stosses, zunehmend langsamer während der Ruhe des Stempels. Dessgleichen wechseln die Drücke in den Druckmessern unaufhörlich, sie nehmen zu während der Bewegung, und ab während der Ruhe des Stempels. Alle diese Variationen sind schwächer in den, der Ausflussmündung näheren Röhrentheilen.

Volkmann, E. H. Weber und Marcy haben diese Erscheinungen näher untersucht. Nach Letzterem nimmt die Dauer der Expansion der elastischen Röhre zu gegen die Ausflussmündung hin. An der Cruralarterie ist die Expansionsdauer etwas kürzer als an der Radialis.

B. Herzthätigkeiten.

147. Systole und Diastole.

Jeder Abschnitt des Herzens zeigt ein ununterbrochenes, schnell aufeinander folgendes Wechselspiel systolischer und diastolischer Zustände. Die Systole ist das aktive Moment; die Muskulatur der Wandung zieht sich zusammen, presst das in der Höhle befindliche Blut und treibt dasselbe nach vorwärts. Der Diastole entspricht die Muskelruhe. Die durch den Widerstand des auszutreibenden Blutes vorher gespannte und derbe Muskulatur erschlafft und wird nachgiebig, so dass die Herzhöhle im Stande ist, neues Blut von hinten her aufzunehmen. Die Aufgabe des Herzens besteht also in einem und zwar energischen Vorwärtsschieben des Blutes; ein Rückwärtsfliessen findet nicht statt, indem zur Verhütung des Rückflusses an gewissen Stellen Ventile angebracht sind, welche dem Blute den Durchgang nur nach einer Richtung gestatten. Die Systolen und Diastolen erfolgen jeweils gemeinsam und gleichzeitig in den gleichnamigen Abschnitten des rechten und linken Herzens. Das Herz des erwachsenen Menschen vollführt im Zustande der Körperruhe 72 Schläge in der Minute. Diese Durchschnittszahl erleidet jedoch nach Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Constitution, Körperstellungen, Bewegungen, Schlaf und Wachen u. s. w. vielfache Abänderungen, (s. die specielle Physiologie).

148. Rhythmik der Systole und Diastole.

Beide Zustände dauern in der Kammer (nahezu) gleich lang; im Vorhof dagegen ist die Systole sehr viel kürzer als die Diastole; sie verhält sich zur letzteren wie 1 zu mindestens 2 bis selbst 3. Während der Systole der Kammern sind die Vorkammern diastolisch; während der Kammerdiastole dagegen sind die Vorkammern anfangs ebenfalls diastolisch, erst später werden sie systolisch. Die Vorkammersystole ist demnach ein kurzer Vorschlag der Kammersystole. Die ausgezeichneten Curven, Figur 27, bezeichnen die Kammer, die punktirten die Vorkammer; die Curven über der Linie *a a* jedesmal die Systolen, die unter der Linie die Diastolen. Die Zeitverhältnisse werden angegeben durch die Dimensionen in der Richtung *a a*. Die Figur enthält, wie man sieht, zwei Herzschläge.

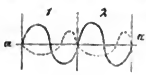


Fig. 27.

Die Zeitbestimmungen der Vorhofszustände setzen eine Vivisection voraus, die Tempi's der Kammerbewegungen können dagegen an der, diesen fast vollständig entsprechenden, Pulsrhythmik untersucht werden (159). Auch das Einstechen einer Nadel in das Herz durch die unversehrte Brustwand ist in neuester Zeit, namentlich von Wagner, zur Untersuchung der Herzrhythmik mit Erfolg angewandt worden.

149. Vorkammerdiastole.

Die Grundnormen sind in allem Wesentlichen dieselben im rechten und linken Herzen, und zwar in den Vorkammern wie den Kammern, sodass unsere Darstellung in der Regel sich auf das rechte Herz beschränkt.

Der rechte Vorhof empfängt drei Blutzuflüsse: 1) aus der Herzmuskulatur (grosse Herzvene und einige kleineren), 2) aus Kopf, Hals, oberen Gliedmassen und Brustwand (obere Hohlvene) und 3) alles übrige Venenblut des Körpers (untere Hohlvene, deren Querschnitt etwa das Doppelte von dem der oberen Hohlvene beträgt). Das Blut in diesen Venen steht unter einem stärkeren Druck, strömt desshalb in den Vorhof ein und dehnt dessen Wandungen passiv aus. Die Räumlichkeit des Vorhofs an sich, also die Aufnahme von neuem Venenblut, ist beschränkt, und zwar, wie es scheint, relativ um so mehr, je grösser die Pulszahlen der Thiere sind; das Nachrücken weiterer Blutmassen wird aber ermöglicht durch folgende Einrichtungen: 1) Mit der Diastole der Vorkammer beginnt die Systole der Kammer; die Tricuspidalklappen treten abwärts in die Kammerhöhle und schliessen dadurch einen, im Verlauf der Kammersystole immer grösser werdenden kegelförmigen Raum ein, in welchen das Vorkammerblut nachströmt, d. h. der Vorkammerraum wird sehr wesentlich erweitert auf Kosten des Kammerraumes und dadurch befähigt, neues Blut aus den Venen aufzunehmen. 2) Gegen Ende der Vorkammerdiastole beginnt die Erschlaffung der Kammer, die bisher aneinandergelegten und schliessenden Tricuspidalklappen treten jetzt auseinander und das Vorkammerblut strömt frei in die Kammer, sodass in die diastolische Vorkammer neues Blut aus den Venen nachrücken kann.

Den linken Vorhof versehen die vier Lungenvenen mit Blut, und zwar wahrscheinlich noch gleichmässiger, als das im rechten Herzen der Fall ist. Die Füllungsgrade wechseln desshalb im linken Herzen weniger als im rechten.

150. Vorkammersystole.

Sie verbreitet sich von den Venenmündungen aus, schnellstens über die Vorkammer gegen das Ostium atrio-ventriculare und treibt das Blut in die erschlaffte Kammer ein. Die Lungenvenenmündungen haben keine Klappen; in der rechten Vorkammer verlegt weder die Thebesische Klappe die grosse Herzvene, noch viel weniger die beim Erwachsenen viel zu kleine und oft netzförmig durchbrochene Eustachi'sche Klappe die Mündung der Cava inferior. Die Cava superior ist klappenlos. Gleichwohl aber findet ein, früher vielfach angenommenes, Zurückweichen von Blut aus den systolischen Vorkammern in die Venen nicht statt.

Würde ein Theil des Vorkammerblutes zurückfliessen, so müssten die Zweige der Cava superior, z. B. die Iugularis externa, durch eine von unten nach aufwärts

verlaufende Blutwelle ausgedehnt und der Blutdruck in einem, in dieselben eingesetzten Druckmesser, a tempo mit der Vorkammersystole erhöht werden. Beides ist aber nicht der Fall.

Die Vorkammern fahren sogar während ihrer Systole fort, Blut aus den Venen zu empfangen. Beweis: Die Kammer erweitert sich beträchtlich während der Systole der Vorkammer; letztere aber wird, wie jede Vivisection zeigt, nur sehr wenig verkleinert. Dieses Missverhältniss zwischen Kammererweiterung und Vorkammerverengung kann nicht anders gedeutet werden, als dass die Zuflüsse zu den Vorkammern während deren Systolen noch fortdauern, was für die Regelmässigkeit des Blutlaufes überhaupt von Wichtigkeit ist.

Man hat vielfach nach Einrichtungen gesucht, welche das Zurückweichen des Blutes in die Venen erschweren und als solche genannt: die Contraction der Vorkammer von den Venenmündungen aus gegen die Vorkammer hin; die Ringfasern um die während der Systole jedenfalls enger werdenden Venenmündungen; die Richtung des Blutstromes gegen die Vorkammer u. s. w. Alle diese Einrichtungen würden den Rückfluss nicht verhüten. Gleichmässigkeit der Venenzuflüsse ist, wie es scheint, eine Hauptaufgabe für die Herzpumpe und die Systolen und Diastolen müssen in Vorkammern und Kammern derartig geschehen und sich compensiren, dass eine solche Regelmässigkeit der Blutzufuhren möglichst erreicht werden kann.

151. Kammerdiastole.

Die vorhergegangene Systole hat das Blut in die Pulmonalarterie (resp. Aorta) getrieben, deren Semilunarklappen während der ganzen Dauer der Kammerdiastole verschlossen bleiben und dem Arterienblut den Rückgang in die Kammer verschliessen. Die Kammerwand erschlafft, die Klappenränder der Tricuspidalis (resp. Mitralis) treten aus einander und das Blut strömt aus der jetzt noch diastolischen (148) Vorkammer in die Kammer; die sogleich folgende Vorkammersystole füllt die Kammer vollständig.

152. Kammersystole.

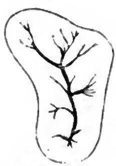


Fig. 28.

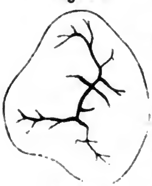


Fig. 29.

Alle Theile der Kammerwand gerathen gleichzeitig in Verkürzung. Das Blut wird gepresst und drückt auf die äussere (untere) Fläche der in den Kammerraum herabhängenden drei Zipfel der Tricuspidalis; das Blut fängt sich in derselben, sie blähen sich auf und weichen zurück gegen die Vorkammermündung, wobei ihre Ränder sich genau aneinanderlegen und den Rückfluss von Blut in die Vorkammer verhüten. Figur 28 und 29 zeigen die Klappenverschlüsse der bi- und tricuspidalis nach Valentin.

Sogleich beginnt die aktive Rolle der Klappen. Die Papillarmuskeln verkürzen sich und ziehen vermittelst ihrer Sehnenfäden die Klappen gegen die Herzspitze hin, während zugleich der Klappenverschluss fortbesteht. Schliesslich verschwinden die Papillarmuskeln vollkommen in der Muskulatur der Herzwandung.

Die Mechanik der Aufwärtsbewegung der Klappen wird öfters anders aufgefasst, ja selbst eine ausgiebige Bewegung der Art geläugnet. Für die oben gegebene Schilderung dürfte der einfache Versuch sprechen, dass die Klappenzipfel, vorausgesetzt dass sie in den Kammerraum frei herabhängen, durch einen Druck von unten, z. B Einblasen von Luft, schnellstens zum vollständigen, selbst luftdichten Verschluss gebracht werden können.

Das Zurückschlagen der Klappen in die Vorhöfe wird durch die Sehnenfäden verhütet und der Schluss der Klappenränder, bei ihrem Herabsteigen während der Systole, dadurch ermöglicht, dass derselbe Papillarmuskel Sehnenfäden zu den einander gegenüberstehenden Rändern je zweier Klappenzipfel schickt.

Die Raumminderung der Kammer geschieht also durch Contraction der Wandung, ganz besonders aber durch das Herabsteigen der Tricuspidalis, d. h. die Bildung eines in den Kammerraum ragenden Conus, wodurch der Vorkammerraum sich in die Kammer verlängert. Der eigentliche Kammerraum ist dadurch zu Ende der Systole fast auf Null reducirt und eine beträchtliche Blutmasse ausgetrieben worden, obschon die Raumverminderung der Kammer auf den blossen äusseren Anblick ihrer systolischen Form keine sehr grosse ist.

Der Druck des Kammerblutes überwindet den Gegendruck der Blutsäule in der Lungenarterie, die Semilunaren erheben sich sogleich mit dem Beginn der Kammersystole, und gestatten dem Blut den Ausweg in die Arterie. Eine Anlagerung der Klappen an die Arterienwand findet nicht statt, indem zwischen Klappen und Arterienwand (Sinus Valsalvae) immer etwas Blut vorhanden ist. Mit beginnender Kammerdiastole zieht sich die gespannte Arterie zusammen, drückt zunächst das Blut zwischen ihr und den aufgerichteten Klappen und schlägt dieselben zurück. Letztere bilden bei ihrem Verschluss eine eigenthümliche Figur; die Klappenränder legen sich so aneinander, dass drei Radien gebildet werden, die in der Mitte unter Winkeln von je 120° zusammenstossen.

Durch eine vollständige Anlagerung der Klappen an die Arterienwand würde das schnelle und regelrechte Zurückklappen der Semilunaren verhindert werden (Hamberger). Dasselbe muss der Fall sein, wenn die Arterienwand ihre Elasticität eingebüsst hat.

153. Sonstige Erscheinungen am Herzen.

I. Grössen- und Formänderungen, bedingt durch die Systolen. Diese Veränderungen sind nicht bedeutend an den Vorkammern, während die Kammern sich ziemlich verkürzen in ihren Längen- und Breiten-Durchmessern, dagegen wölben im Durchmesser von der Wirbelsäule zum Brustbein. Die systolische Kammer nimmt mehr eine Kegelform an, wobei die Herzspitze sich verschmälert.

II. Ortsveränderung. Während der Kammersystole bewegt sich das ganze Herz etwas von oben und rechts nach abwärts und links. Gleichzeitig erfolgt eine wenigstens bei blossgelegtem Thorax und im kräftigen Herzen auffallendere:

III. Drehung der Ventrikel um die Längsaxe (Kürschner), und zwar von links nach rechts, wodurch die linke Kammer mehr zum Vorschein kommt. Die Diastole führt zur Drehung im entgegengesetzten Sinn. Die Abwärtsbewegung (II) und (die von Vielen geläugnete) Drehung kombiniren sich zu einer schraubenartigen Bewegung längs der Brustwand. Die Drehbewegung

hängt ohne Zweifel von der Anordnung der Kammermuskulatur ab, namentlich davon, dass viele Fleischfasern von der Kammerbasis aus schief von rechts nach links von der Vorder- zur Hinterfläche des Herzens verlaufen.

IV. Herzstoss. Er ist am deutlichsten fühlbar und bei irgend stärkerer Herzthätigkeit (z. B. Körperbewegung) oder bei mageren Personen auch sichtbar, namentlich zwischen der fünften und sechsten Rippe, etwas zur Seite des linken Brustbeinrandes. Der Stoss erfolgt gleichzeitig mit der Kammersystole und dem Arterienpuls. Er entsteht vorzugsweis dadurch, dass die prall und von vorn nach hinten gewölbter werdende systolische Kammer in die nachgiebigen Zwischenrippenräume eingetrieben wird und zwar am deutlichsten mit der der Herzspitze entsprechenden Stelle.

Das ausgeschnittene, auf eine Unterlage gelegte Herz zeigt öfters eine starke Erhebung der Spitze während der Kammersystole. Im unversehrten Thorax kann freilich die Herzspitze nicht bedeutend von der Brustwand zurückweichen, um während der Kammersystole an dieselbe anzuklopfen. Einige Locomotion ist aber immerhin möglich, durch Verdrängung des Herzbeutelwassers, ganz besonders aber vermöge des nachgiebigen, mit wechselnden Fettmassen ausgefüllten Zellstoffs, der zwischen Thorax und dem von den Lungen nicht bedeckten Theil des Herzens, resp. Herzbeutels liegt. Die ehemalige Erklärung des Herzstosses ausschliesslich durch Anklopfen der Herzspitze an den Thorax war somit falsch.

V. Herztöne. Laennec entdeckte, dass die Herzbewegungen begleitet sind von zwei Tönen, die für die Diagnose gewisser Herzkrankheiten eine hohe Wichtigkeit haben. Der erste, mit dem Herzstoss beginnende, dauert so lang als die Kammersystole, er ist dumpfer, tiefer und länger und wird verursacht durch die Anspannung der Tri- und Bicuspidalis. Der zweite Ton ist heller, kürzer, höher, er beginnt mit der Kammerdiastole und ist die Folge der Anspannung der Semilunarklappen.

154. Herzbewegungen nach dem Tode.

Das Herz pulsirt nach dem Tode noch einige Zeit; ja selbst das ausgeschnittene blutleere Herz fährt fort sich zu bewegen im normalen Rhythmus, und zwar das ausgeschnittene menschliche mehrere Minuten hindurch, das der Kaltblüter, z. B. des Frosches, Stunden lang. Diese Bewegungen werden aber sehr bald seltener und schwächer, die Diastolezeiten nehmen zu, die Systolen sind in den Vorkammern zahlreicher als in den Kammern, die Gleichzeitigkeit der Systolen des linken und rechten Herzens wird gestört, die Contractionen erfolgen nur partiell, d. h. bloss in einzelnen Muskelbündeln eines Herzabschnittes, zuletzt bewegen sich nur noch die Vorkammern, namentlich die rechte. Mechanische, chemische, galvanische Reize können übrigens auch an dem schon zum Stillstand gekommenen Herzen einzelne Contractionen auslösen.

Die erlahmenden Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens werden durch Eintauchen desselben in Blut, durch höhere Wärme und in einer Sauerstoffatmosphäre wieder kräftiger und häufiger, während das Herz unter der Luftpumpe (Tiedemann), in Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas u. s. w. mehr oder weniger bald zu schlagen aufhört; alles Erfahrungen, welche beweisen, dass ohne Blut- und Sauerstoffzufuhr, überhaupt ohne regelmässigen Stoffwechsel, die Herzbewegungen auf die Dauer nicht bestehen können.

Das javanische Pfeilgift Antiar vernichtet die Herzbewegungen des Frosches in wenigen Minuten vollständig; trotz der mangelnden Blutcirculation ist aber das Thier noch 1/2 Stunde und darüber fähig, sich willkürlich zu bewegen. In Warmblütern treten die herzlähmenden Wirkungen des Giftes erst später, dann aber meist ganz plötzlich, ein.

155. Herznerven.

Der Plexus cardiacus, dem die Herznerven zunächst entstammen, erhält seine Fasern aus zwei Hauptquellen: dem Halstheil des Sympathicus (den verschiedenen Nervi cardiaci) und Vagus (und zwar dem Stamm des Nerven und dessen ramus recurrens).

Werden die Nervi vagi am Halse durchschnitten, so nehmen die Herzschläge schnell, um das Doppelte und noch mehr, zu.

Dagegen bewirkt. nach Ed. Weber, mässig erhöhte Thätigkeit der Vagi oder des verlängerten Markes (Ursprungsstelle des Nerven) alsbald eine Verminderung der Zahl der Herzschläge; starke Erregung der Vagi dagegen Stillstand des Herzens im Zustande der Diastole. Während dieser Ruhe ist jedoch die Reizbarkeit des Organs nicht aufgehoben, denn nach örtlichen Reizen desselben treten regelmässig Zuckungen ein; auch haben die, nach aufhörender Nervenreizung alsbald wiederkehrenden Herzschläge an Kraft nichts verloren. Nach Durchschneidung der Vagi bewirkt Erregung derselben unterhalb der Schnittstelle ähnliche Erscheinungen. Die Ergebnisse beider Versuchsmethoden: der Aufhebung der Vaguswirkungen auf das Herz (mittelst Durchschneidung), sowie der erhöhten Wirkungen dieser Nerven zeigen demnach übereinstimmend, dass die Vagi einen hemmenden Einfluss auf die Herzbewegungen ausüben.

Die Betheiligung des Sympathicus an den Herzbewegungen ist viel weniger gekannt; direkte, unzweideutige Versuche über diese Frage sind nicht ausführbar.

Die Anregung der Vagi geschieht am Zweckmässigsten mittelst der Schläge der Inductionsmaschine; manche chemische Reize, z. B. Kochsalz nach Eckhard, führen übrigens zu demselben Resultate. Der Stillstand des Herzens währt verschieden lange Zeit; in der Regel treten die Herzbewegungen wieder ein trotz fortgesetzter Vagusreizung; in einzelnen Fällen dauert der Stillstand so lange, dass der Tod eintritt (Panum).

Waller leitet die Vagusfasern des Herzens ausschliesslich vom Accessorius ab; nach Ausreissung des letzteren soll die galvanische Reizung des Vagus ihre Wirkung auf das Herz bald verlieren. Schiff dagegen schreibt beiden Nerven verschiedene Einflüsse auf das Herz zu. Nach Ausreissung beider Accessorii soll ausser der, von Waller beobachteten Wirkung, die Pulsfrequenz normal bleiben; dagegen soll später, wenn (nach mittlerweile eingetretener Atrophie der Accessoriusfasern) die Erregung der Vagi die Zahl der Herzschläge nicht mehr vermindert, die Vagusdurchschneidung den Puls sogleich frequenter machen.

156. Bewegungscentren im Herzen.

Die Bewegungen des Herzens sind dem direkten Willenseinfluss entzogen. Da sie auch an dem ausgeschnittenen, blutleeren Herzen wahrgenommen werden, so muss die nächste, eigentliche Ursache der Bewegung unzweifelhaft im Organ selbst gesucht werden.

Jedoch ist nicht jeder Abschnitt desselben fähig, für sich und unabhängig vom Ganzen in rhythmische Contractionen und Erschlaffungen zu gerathen (Volkmann, Bidder). Schneidet man die Kammer des Froschherzens so ab, dass die Basis an den Vorkammern zurückbleibt, so steht das abgetrennte Stück still und zeigt nach örtlicher mechanischen Reizungen auch nur entsprechende örtliche Contractionen. Wird aber der Schnitt durch die Grenze der Kammer und Vorkammern geführt, so bleibt zwar die Kammer anhaltend erschlafft, doch lösen örtliche Reize zweckmässige Gesammtcontractionen aus, nach Art der Reflexbewegungen. Die in beiden Versuchen isolirten Vorkammern zeigen aber abwechselnde Systolen und Diastolen, und wird ein grösseres Stück der Kammer in Verbindung mit den Vorkammern gelassen, so nimmt auch dieses an den rhythmischen Bewegungen Theil. — Das Wechselspiel der Systolen und Diastolen wird also im Froschherzen offenbar angeregt in den Vorhöfen, in deren Scheidewand Bidder kleine, durch Geflechte mit einander zusammenhängende, Ganglien nachwies.

Das Froschherz besteht aus einer rechten Vorkammer, welche zunächst aus einem pulsirenden Venensinus das Venenblut des Körpers, und einer linken Vorkammer, die das Lungenvenenblut aufnimmt, während die einfache Kammer zunächst einen Truncus arteriosus abgiebt, der sich bald in zwei Hauptäste spaltet.
Unterbindet oder durchschneidet man die Einmündung des Venensinus in die rechte Vorkammer, so steht nach Stannius das Froschherz einige Minuten hindurch stille, während die Pulsationen des Sinus fortfahren; reizt man dann die stillstehende Kammer, so zieht sie sich zusammen und hierauf auch die Vorkammern. Entfernte v. Bezold der Reihe nach einzelne Stücke des Venensinus, so wurden die Systolen immer seltener, bis endlich, als die Abtragung über die Vorhofsgrenze gelangte, das Herz stille stand.

Das Herz fährt, wie wir sahen, auch nach Beseitigung des Vaguseinflusses fort, sich zu bewegen. Die Vagusfasern sind nicht motorischer Natur, da ihre Reizung keine Verstärkung der Herzbewegungen, sondern das Gegentheil bewirkt. Schon daraus vermuthet Ed. Weber, dass die sympathischen Fasern des Herzens die eigentlich motorischen sein werden und lässt dieselben ihre Erregungen empfangen von den Herzganglien. Letztere aber wären, als nervöse Centralorgane, befähigt, Erregungen anderer Nerven, mit denen sie in Verbindung stehen, aufzunehmen und dieselben auf die motorischen Fasern zu reflectiren. Vor allem würden die Herzganglien zugänglich sein Erregungen 1) gewisser Stellen des Sympathicus (Reizung des Brusttheiles des Grenzstranges z. B. soll nach Manchen die Herzbewegungen beschleunigen), und 2) der Rami cardiaci des Vagus; und zwar in diesem Fall mit dem eigenthümlichen Erfolg, dass dieselben, nach dem Schema der sog. Hemmungsnerven, bewegungshemmend wirken, d. h. die in den Ganglien vorhandenen Erregungen herabsetzen.

C. Blutbewegung in den Gefässen.

157. Ausdehnung und Zusammenziehung der Arterien.

Jede Kammersystole treibt neue Massen in das, beständig mit Blut gefüllte, Arteriensystem, und zwar schneller als gleichzeitig die Enden des Systemes ihren Inhalt entleeren können in die Venen. Daraus folgt: 1) Zunahme des

Blutdruckes, 2) schnelleres Fliessen und 3) Ausdehnung der Arterien, indem die elastischen Wandungen derselben dem stärkeren Blutdruck nachgeben. Zu Ende der Kammersystole hat die Ausdehnung ihr Maximum erreicht. Hört während der Kammerdiastole die Wirkung des Herzens auf, so ziehen sich die Arterien zusammen, und zwar bis zum Beginn der nächsten Systole. Dadurch wird das Blut in beständiger Vorwärtsbewegung erhalten. Der grosse Nutzen der Arterienelasticität besteht also darin, dass sie die bloss stossweis wirkende Kraft der Herzkammern umsetzt in eine kontinuirliche aber stossweis vermehrte Kraft.

Die Bewegungen der Arterien erfolgen in die Quere und in die Länge. Während der Kammersystole erweitert sich das Lumen, wobei zugleich eine gerade Arterie eine leichte Biegung annimmt, die besonders deutlich wird an Gefässen, die auf längere Strecken frei präparirt und von Nachbartheilen, welche gewöhnlich diese Bewegungen hindern, befreit werden. Während der Kammerdiastole nimmt das Lumen ab, unter gleichzeitiger Geradestreckung der vorher gebogenen Arterie.

Grössere Arterien zeigen systolische Erweiterungen, etwa um $^1/_{15}$, was einigermassen stimmt mit unseren Kenntnissen über die Blutmenge, die durch eine Kammersystole in das Arteriensystem eingetrieben wird, und mit der annähernden Taxation des ganzen arteriellen Blutvorrathes (etwa $^1/_8$ der ganzen Blutmasse).

Zur Bestimmung der Lumenerweiterung der Arterien brachte Poiseuille eine Strecke einer frei präparirten, sonst aber in ihrer normalen Continuität erhaltenen Arterie in ein kleines, mit einem graduirten Röhrchen versehenes Kästchen, Figur 30. Die hermetische Einfügung des Gefässes wurde durch einen abnehmbaren Deckel des Kästchens ermöglicht. Das Kästchen und das Röhrchen bis zu einer gewissen Höhe wurden mit Wasser gefüllt und aus dem Steigen des letzteren während der Systole die Lumenerweiterung berechnet.



Fig. 30

158. Arterienpuls.

Legt man den Finger so auf eine Arterie, dass dieselbe mässig gedrückt wird, so nimmt man während der Arterienexpansion ein Prallerwerden des Gefässes wahr. Für das Getast sind jedoch die meisten Qualitäten der so flüchtigen Erscheinung des Pulses nicht erkennbar. Zur graphischen Darstellung der letzteren dient das Sphygmograph von Vierordt. Die Messingstange *a b* in Figur 31 dreht sich um die horizontale Axe *c c* in senkrechter Ebene.

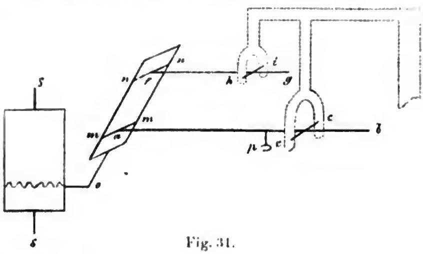


Fig. 31.

Ein Stift endet in das Plättchen p; letzteres comprimirt etwas die unter ihr liegende Arterie. Bei der Expansion wird demnach das Plättchen p ein wenig, das Ende a der Messingstange dagegen viel mehr erhoben. Die Bewegungen der Arterie könnten also bei a auf ein Papier und zwar vergrössert geschrieben werden. Spannt man das Papier auf einen (hier relativ viel zu klein gezeichneten) Cylinder, der um die senkrechte Axe $s\,s$ mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich dreht (160), so erhält man die Expansionen und Contractionen der Arterie in ihrer zeitlichen Reihenfolge als Pulscurven aufgezeichnet. Das freie Ende a der Stange beschreibt aber einen kleinen Kreisbogen; diese Bewegung muss, da das Papier senkrecht steht, in eine vertikale geradlinige umgesetzt werden. Diess geschieht vermittelst des Gegenlenkers fg, der sich wiederum um eine horizontale Axe $h\,i$ dreht. Die mit den Stangen fg und $a\,b$ beweglich verbundenen horizontalen Axen $n\,n$ und $m\,m$ sind mit feinen Spitzen in das viereckige Rähmchen eingelassen, von welchem das Stift o abgeht, an dem ein Haar befestigt ist. Letzteres schreibt die Pulscurven auf das mit Russ überzogene Papier; der Russ wird später fixirt mittelst eines Firnisses.

Die Träger des Apparates sind nur zum Theil durch punktirte Linien angegeben. Zu Versuchen am Menschen eignet sich ausser der Radialis noch die Cruralis. Die Excursionen des Hebels dürfen eine gewisse Grenze nicht überschreiten, sonst greifen schädliche Eigenschwingungen des oscillirenden Apparates ein (160). Man vermeidet diese sicher, wenn man das Plättchen p in einen grösseren Abstand von der Axe cc bringt, d. h. wenn man die Pulsbilder verkleinert. Den unumstösslichen Beweis, dass die Eigenschwingungen nicht eingreifen, liefert der aussetzende Puls: das Sphygmograph verzeichnet während desselben eine horizontale Linie. Wegen der geringen Kraft des Pulses ist der Apparat leicht gearbeitet; er bedarf, um die Arterie erreichen zu können, einer gewissen, wenn auch nicht grossen Belastung mit Gewichten. Marey schlägt, um einen Hebel von noch leichterer Masse anwenden zu können, statt der Belastung der Arterie mit Gewichten, eine elastische Feder vor, welche die Arterie etwas comprimiren soll. Mit einer solchen Vorrichtung ist an elastischen Röhren leicht zu operiren, sehr viel schwerer aber an der Arterie des Lebenden. Zudem könnte auch die in Anspruch genommene Elasticität der Feder schädliche Eigenschwingungen setzen.

159. Pulsarten.

I. Zeitliche Erscheinungen. a) Durchschnittliche Dauern der Einzelpulse; gewöhnlich angegeben als sogenannte Pulsfrequenz, d. h. als Zahl der Pulsschläge in einer Minute (72 im Menschen). Man unterscheidet den häufigen Puls (p. frequens) gegenüber dem seltenen, (p. rarus) [s. specielle Physiologie].

b) Schwankungen der Dauern der Einzelpulse. Die Dauern der sphygmographisch verzeichneten normalen Pulse variiren etwa um 37 %, d. h. der längste Schlag einer grösseren Pulsreihe dauert 137 Zeittheilchen, wenn der kürzeste = 100 gesetzt wird. Grösser sind diese Variationen beim seltenen Puls; je frequenter also der Puls, desto mehr gleichen sich die Dauern der Einzelpulse. Beim medicinischen Gebrauch der Digitalis, wobei die Pulsfrequenz auf 40, 30, ja noch weniger Schläge sinken kann, können die Pulsdauern um das Dreifache verschieden sein. Die Expansionzeiten der Einzelpulse (Kammersystolen) variiren mehr als die Cortractionszeiten.

c) Pulscelerität, d. h. das Verhältniss der Expansionszeit zur Contractionszeit. Wird erstere = 100 gesetzt, so nimmt die Contraction durchschnittlich 106 Zeittheilchen in Anspruch, die Kammersystole also währt nur ein Minimum kürzer als die Diastole. Beim schnellen Puls (p. celer) Figur 32 *c c* überwiegt relativ die Contractionszeit, (z. B. 136 gegen 100), beim trägen dagegen (p. tardus) nimmt sie relativ ab (z. B. 100 Exp. 80 Cont.) Die Pulscelerität ist von der Pulsfrequenz durchaus unabhängig.



Fig. 32.

d) Aussetzender Puls. Man muss unterscheiden: 1) die wahre Intermission, entsprechend einer fortgesetzten Diastole der Herzkammer, und 2) die falsche. Hier ist eine Kammersystole vorhanden, man spürt an sich, in der Herzgegend, ein Gefühl (während die übrigen normalen Herzschläge keine Empfindungen setzen), aber die Systole ist zu schwach, sie kann das Kammerblut nicht gehörig spannen, also die Aortenklappen nicht öffnen. Wahrscheinlich ist hier der Blutzufluss zum Herzen momentan gemindert. — Abgesehen von Krankheiten, namentlich des Herzens, ist die Pulsintermission keine seltene Erscheinung zur Pubertätszeit und im höheren Greisenalter. Begünstigt wird sie namentlich durch längeres Fasten. Die Intermission dauert (Figur 32 *i*) bei Gesunden meist etwas länger als ein Pulsschlag.

II. Anderweitige Erscheinungen. a) Pulsgrösse. Beim grossen Puls wird ein grosses Blutvolum in die Aorta eingetrieben. Im Allgemeinen ist der Puls gross, wenn er selten und träge ist. Klein (und vielfach auch „häufig") wird der Puls bei geminderter Herzkraft und bei grösseren Widerständen der arteriellen Blutsäule.

b) Doppelschlägiger Puls (dicrotus). Statt eines Schlages erhält der Finger zwei; der erste ist stärker und länger. Dieser Puls soll nie in allen Arterien zugleich vorkommen können. Abgesehen von Krankheiten tritt er, jedoch sehr selten, ein bei Gesunden während des Gehens. Der Dicrotus ist noch nicht sicher erklärt; gewiss ist, dass ihm keine zwei Kammersystolen entsprechen, wahrscheinlich wird er verursacht durch eine von der Arterienperipherie rücklaufende (?), oder durch eine in einer anderen Arterienprovinz erregten Welle.

Nach Beau kommt der Dicrotus niemals in den Arterien der unteren Gliedmaassen vor. Marey leitet den Dicrotus der Radialis von einer theilweisen Reflexion der Pulswelle an der, ein Stromhinderniss setzenden, Bifurcation der Aorta abdominalis ab und construirte einen hydraulischen Apparat, zur Versinnlichung dieser Verhältnisse.

a. Pulsspannung. Wird die Fingerspitze nur schwach gegen die Arterie gedrückt, so dass man keine Pulsation wahrnimmt, dann fühlt man die Arterie als einen entweder mehr harten oder mehr weichen Strang; man kann daher je nach der Grösse des Widerstandes auf eine schwächere oder stärkere Spannung der Arterien schliessen. Dieser Strang erscheint gleichmässig gespannt, er verschwindet dem Gefühl keinen Augenblick und ist selbst bei geringster Spannung des Blutes noch wahrnehmbar.

Drückt man aber stärker auf die Arterie, so erhält man die Sensation des Pulsirens; so zwar, dass unter allen Umständen nur die Spannungszunahme, nicht aber die Spannungsabnahme direkt wahrgenommen wird, d. h. während der Spannungsabnahme verschwindet die Arterie dem Getast. Man nennt nun gewöhnlich die an stark gespannten oder schwach gespannten Arterien erfolgenden Stösse „harte" oder „weiche" Pulse, trägt also eine Qualität der Arterie über auf die Beurtheilung des Pulses. Die Sensation, die man während der Spannungszunahme erhält, ist übrigens, wie Marey richtig bemerkt, in der Regel wenigstens, um so geringer, je grösser die mittlere Spannung der Arterie selbst ist.

160. Messung des Blutdruckes.

Die ersten Bestimmungen der Art hat schon Hales ausgeführt. Er band eine Glasröhre in die Arterie und maass die Höhe, welche das Blut in der senkrechten Röhre erreichte. Sie betrug beim Pferde 8, selbst 10 englische Fusse. Zweckmässig ist es, ehe man das Blut eindringen lässt, die (der Reinigung wegen in einige Stücke zerlegbare) Röhre mit einer die Gerinnung verhindernden Salzlösung, z. B. von kohlensaurem Natron, zu füllen; der Versuch kann dann viel länger fortgesetzt werden.

Statt der einfachen Röhre führte Poiseuille das Manometer ein. Dasselbe besteht aus einer Uförmig gebogenen Glasröhre, Figur 33, deren kürzerer Schenkel bei c einen rechten Winkel bildet. Eine elastische Röhre e verbindet (mittelst eines passenden, mit einem Hahn versehenen Einsatzstückes), das Manometer mit dem Blutgefäss g. Der Apparat, Haemodynamometer genannt, wird mit Quecksilber gefüllt, und zwar in beiden Schenkeln bis zu den Punkten b und a; der Raum zwischen g und b dagegen mit der Salzlösung. Dringt, nach Oeffnung des Hahnes, das Blut ein, so sinkt die Hgsäule im kurzen Schenkel, z. B. bis b', während sie in dem gleichweiten langen Schenkel um eben so viel, bis a' steigt. Sehen wir von gewissen Correcturen ab, so ist der Blutdruck ausgedrückt durch die Höhe der Hgsäule a' bis b' = der zweifachen Höhe a bis a'. Durch Multiplication der Hgsäule mit $13\frac{1}{2}$ erhält man den Druck ausgedrückt durch eine Blutsäulenhöhe.

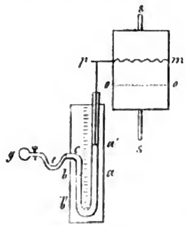


Fig. 33.

Das Quecksilber bewegt sich, dem Puls entsprechend, schnell auf und ab. Zur Selbstregistrirung dieser Oscillationen setzte Ludwig auf a ein Stäbchen, dessen oberes Ende einen Pinsel p trägt. Letzterer zeichnet somit die Hgbewegungen auf einen um die verticale Axe ss rotirenden Cylinder (Kymographion), der mit Papier überzogen ist. Ein in der Abbildung weggelassenes Uhrwerk sorgt für gleichmässige Rotation des Cylinders.

Vor Oeffnung des Hahns schreibt der Pinsel eine dem Nulldruck entsprechende Horizontale $o - o$ auf das Papier. Die Senkrechte om, zweifach genommen, giebt annähernd den Blutdruck an in Hghöhen.

Die Hgstände sind aber nichts weniger als die reinen Ausdrücke der so schnell variirenden Spannungen im Arterienrohr. Die Hgschwingungen hängen nämlich, wie Redtenbacher zeigte, nicht bloss ab von den wechselnden Blutspannungen, sondern auch von den Eigenschwingungen des Hg selbst. Diese sind um so grösser, je mehr und je schneller die Blutdrücke variiren. Desshalb sind die Höhen und Formen der verzeichneten Pulswellen nichts weniger als exacte Ausdrücke der pulsatorischen Spannungsänderungen des Arterienblutes. Man erhält unter Umständen sogar mehr Pulswellen aufgezeichnet, als die Arterie Schläge vollführt. Der Apparat schreibt auch öfters dicrotische (159) Pulse auf, obschon die Arterienexpansion ganz normal war.

Zur Bestimmung des Mitteldruckes schlägt Marey ein Manometer vor, bei welchem eine in den Anfang des aufsteigenden Schenkels eingesetzte Capillarröhre die Wirkung hat, dass die Spannungsänderungen in der Arterie nur sehr langsam sich ausgleichen können.

161. Arterieller Blutdruck.

Derselbe wird gewöhnlich gemessen an grösseren Gefässen, der Carotis oder Cruralis. Der mittlere Druck beträgt in diesen, nach den Versuchen von Poiseuille, Ludwig, Volkmann u. A. beim Pferd 280, Hund 150, Kaninchen 70—100, Fische 18—40, Frosch 25 Millimeter Hg.

In schwächlichen, sowie in jüngeren Thieren sind die Werthe niederer. In den kleineren Arterien nimmt der Blutdruck allmälig etwas ab; Volkmann erhielt z. B. bei einem Kalb in der Carotis 116, in der Metatarsea dagegen 89 M.m. Hg. In der Lungenblutbahn ist der Druck viel geringer als im Aortensystem; Ludwig und Beutner erhielten in der Art. pulmonalis 12—30 M.m. Der Einfluss der Thoraxeröffnung bei letzteren Versuchen ist allerdings nicht zu ermitteln.

Die Blutdruckschwankungen im Arteriensystem zerfallen in 1) periodische. Hierher gehört die Druckzunahme während der Systole, die Abnahme zur Zeit der Diastole der Kammer. Diese Schwankungen betragen bei mittelgrossen Thieren etwa 5—10 M.m. Hg., sie sind um so geringer, je grösser die Pulszahlen und je kleiner die Arterien. Die respiratorischen Druckschwankungen s. 164. 2) Nicht periodische Schwankungen. Nach Blutverlusten und längerem Hungern sinkt, bei Muskelbewegungen dagegen steigt der arterielle Blutdruck u. s. w.

162. Capillargefässe.

Malpighi beobachtete zuerst unter dem Mikroskop das Fliessen des Blutes in den Capillaren. Die Harvey'sche Lehre erhielt dadurch die erste direkte und greifbare Bestätigung. Man wählt zur Betrachtung des prächtigen Phänomens durchsichtige Theile, der Schwanz der Froschlarve, oder die Schwimmhaut des entwickelten Thieres; ausserdem dessen Lunge, Leberrand, Zunge; von den wegen der Kleinheit ihrer Blutkörperchen minder geeigneten Säugethieren etwa das Gekröse, oder die Flügel der Fledermaus. Die scheinbar grosse Geschwindigkeit des Fliessens hängt von der vergrössernden Wirkung des Mikroskopes ab. Eine andere Methode zur Betrachtung des Blutlaufes in den Capillaren der Netzhaut des eigenen Auges s. beim Sehen.

Die hydraulisch wichtigsten Eigenschaften der Capillaren sind: 1) die Kleinheit der Durchmesser. Derselbe beträgt durchschnittlich etwa $^1/_{250}$

Linie, an den dickeren Capillaren $^1/_{200}$ bis $^1/_{100}$ und selbst noch mehr; an den engeren $^1/_{400}$''' und noch weniger. Die Durchmesser variiren vielfach nach Körperstellen, aber auch in einem und demselben Organ. 2) Die Länge der Capillaren beträgt durchschnittlich etwa $^1/_5$'''; scharfe Grenzen nach auf- und abwärts giebt es freilich nicht. 3) Die Zahl der Capillaren in gleichen Volumtheilen Gewebe. Zu den bevorzugtesten Organen gehören z. B. Muskeln, Lunge, Leber. 4) Die Grössen und Formen der Capillarnetze. Dieselben sind charakterisch für viele Organe, worüber die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie nachzusehen sind.

An den Blutströmchen der etwas weiteren Capillaren unterscheidet man die farblose, bloss aus Plasma bestehende Wandschicht, in der das Fliessen, wegen der durch die Gefässwände bedingten Reibung träger von Statten geht, und die viel schneller fliessende, Blutkörperchen führende Mittelschicht. Das Verhältniss beider Schichten variirt übrigens sehr; nach Poiseuille nimmt durchschnittlich der Querschnitt der farbigen Schicht etwa $^3/_5$ des Gesammtquerschnittes ein.

In den weiten Capillaren haben einige Blutkörperchen neben einander Platz, in den engeren dagegen bewegt sich eines hinter dem andern, und zwar oft durch längere Zwischenräume getrennt. Durch die engsten Capillaren strömt vorzugsweise Blutflüssigkeit, die Blutkörperchen dagegen nur vereinzelt. Capillaren, deren Durchmesser geringer sind als die der Körperchen, können gleichwohl den letzteren den Durchgang gestatten. Die Körperchen sind elastisch und im Stande, ihre Formen schnellstens zu verändern. Sie zwängen sich als längliche Stähchen durch die Capillaren hindurch. Bei den elliptischen Körperchen fällt die Längsaxe, bei den runden Blutscheiben der grosse Durchmesser in die Längsaxe des Gefässes. Lässt man geschlagenes Säugethier-Blut zwischen zwei einander sehr nahe liegenden Glasplatten strömen, so bemerkt man niemals Rotationen der Scheiben um irgend welche Axe.

163. Venen.

Die Venenwandungen sind schlaff, so dass schon schwache äussere Drücke die Lumina dieser Gefässe vernichten und das Fliessen in denselben aufheben können. Die im Venensystem besonders zahlreichen Anastomosen gestatten dann aber dem Blut Auswege durch anderweitige Bahnen. Ein zu starkes Zurückweichen des Venenblutes verhüten die Klappen. Wenn das Blut vorwärts fliesst, so sind letztere an die Venenwände angelagert; wird es aber zurückgedrängt, so fängt es sich zwischen der Venenwand und den Klappen; diese werden nunmehr zurückgeschlagen und verhüten, indem ihre freien Ränder sich decken, einen weiteren Rückfluss des Blutes. Die Klappen fehlen in Venen von gewisser Kleinheit, hier sind aber die Anastomosen besonders entwickelt; ebenso in den vor äusseren Drücken geschützten Venen (z. B. Knochen, Hirnhöhle); in diesen kämen die Ventile niemals zur Wirkung. Die Klappen functioniren also da, wo die Venen häufigen, aber vorübergehenden Drücken ausgesetzt sind. Hierher gehören besonders die Muskelcontractionen.

Wird eine bestimmte Stelle einer Vene gedrückt, so fliesst das Blut momentan schneller in dem Venenstück von der Druckstelle an abwärts, während es hinter dem Orte des Druckes bis zur nächsten Klappe staut. Aber selbst jenseits der Klappe findet, trotz der anastomotischen Collateralen, eine, wenn auch nur schwache, Stauung statt. Hört der Druck auf, so ergiesst die prallere Vene ihren Inhalt um so schneller vorwärts. Schnell wechselnde Muskeldrücke unterstützen demnach den Venenblutlauf.

Der Blutdruck in den Venen ist sehr viel geringer als in den Arterien; er nimmt ab in der Richtung gegen das rechte Herz. Der mittlere Druck in den dem Herzen näheren Venen beträgt nach Ludwig und Mogk ungefähr $\frac{1}{30}$ — $\frac{1}{10}$ des Druckes der entsprechenden Arterie. In der Iugularis externa z. B. ist die Blutspannung etwa 5 — 15, in der Cruralvene 10 — 30 M. m. Hg. Wird nach Unterbindung benachbarter Venen die venöse Circulation schwieriger, so nimmt der Druck in den freigelassenen Venen zu. Wird aber der ganze venöse Abfluss aus einem Theil gehemmt, so zeigen die nunmehr prall gefüllten Venen denselben Druck wie die Arterien, wie sich Magendie an der Cruralvene eines Hundes überzeugte.

164. Einfluss der Athembewegungen auf die Circulation.

Verengt sich beim Ausathmen der Brustkorb, so sind die Contenta desselben, also auch die grossen Arterien, einem stärkeren Druck ausgesetzt; dieser pflanzt sich weiter fort nach den ausserhalb des Brustraumes liegenden Arterien, während das Blut zugleich schneller strömt. Im Verlaufe der das Einathmen begleitenden Ausdehnung des Thorax nimmt dagegen der auf den Arterien lastende Druck allmälig wieder ab, unter gleichzeitigem langsamem Fliessen des Blutes. Das Quecksilber des Haemodynamometer's steigt also während der Ausathmung und fällt während der Einathmung, und zwar um so mehr, je stärker die Respirationsbewegungen sind und je näher die Arterien dem Brustkorb liegen. Ruhige, oberflächliche Athemzüge dagegen verändern den Blutdruck nicht. Die Pulscurven verbinden sich mit den viel breiteren Athmungscurven; Ludwig's Kymographion giebt desshalb Zeichnungen etwa wie in Figur 34.



Fig. 34.

Die grossen Venen in der Nähe des rechten Herzens können während der inspiratorischen Erweiterung der Brusthöhle mehr Blut aufnehmen, desshalb fliesst in den Zweigen derselben das Blut schneller vorwärts und der Blutdruck nimmt in diesen, mehr oder weniger sich entleerenden Gefässen ab. Die Einathmungsbewegung wirkt also, wie schon Valsalva behauptete, aspirirend auf das Venenblut, jedoch, nach Poiseuille, nur bis zu einer gewissen Entfernung; die oberflächlichen Venen am Hals collabiren desshalb während der Inspiration. Verengern sich während der Ausathmung mit dem übrigen Thoraxraume auch die grossen Venen, so kann das Blut aus den Zweigen derselben weniger leicht nachrücken, die ausserhalb des Thorax liegenden Venen werden also praller und das Hg des in dieselben eingesetzten Haemodynamometers steigt. Die Ausathmung wirkt also zunächst verzögernd auf das Fliessen in den dem Thorax nahe liegenden Venen. Die hemmende Wirkung der Exspiration wird übrigens aufgehoben durch die begünstigende der Inspiration; ja noch mehr, indem das Venenblut etwas staut während der Exspiration, steigt dessen Druck und es kann bei der nächsten Inspiration um so leichter vorwärtsfliessen. Energische Athembewegungen befördern demnach die Blutbewegung.

Sind die Athemzüge sehr tief und stürmisch, so kann der Hgdruck in der Iugularis während der Exspiration um 40, selbst 80 M. m. über den Null-

druck steigen; während der Inspiration aber fast ebensoviel unter den Nulldruck sinken, d. h. der Druck ist nunmehr negativ, so dass durch eine Venenwunde während der Inspiration kein Blut ausströmt, sodann im Gegentheil Luft, durch Aspiration, in die Vene eintritt. Die Luft gelangt sogleich in das Herz und verstopft die Gefässe der Lunge; ein erheblicherer Lufteintritt kann den Tod sogleich zur Folge haben. In die vom Herzen entfernteren Venen, z. B. Cruralis, sind solche Lufteintretungen nicht möglich, indem die genannten aspirirenden Wirkungen der Athembewegungen sich nicht soweit erstrecken.

Macht man bei Verschliessung der Nase und des Mundes eine starke Anstrengung zur Ausathmung, so staut, weil das Blut nicht gehörig in die stark gepressten grossen Thoraxvenen nachrücken kann, der Inhalt der Hals- und Kopfvenen sogleich; die Füllungen der Herzhöhlen nehmen schnell ab, der Puls wird sehr klein. Im höchsten Grade der Wirkung nimmt, wie Ed. Weber's Versuche zeigen, die Blutzufuhr zum Herzen so ab, dass Puls und Herzstoss vollständig aufhören und Ohnmacht eintritt. Das Herz steht übrigens hier keineswegs vollkommen still, wie behauptet wird, sondern seine Systolen sind bloss ausser Stand, den geringen Blutinhalt gehörig zu spannen und denselben in die Arterien auszutreiben.

165. Gefässmuskeln.

Die Arterien und Venen verändern ihre Lumina nicht bloss passiv, insofern sie als elastische Röhren dem jeweiligen Blutdruck sich accommodiren, sondern auch activ, vermöge der wechselnden Contractionsgrade ihrer Muskelfasern. Diese, dem organischen System angehörenden Fasern (Kölliker) sind zunächst abhängig von den, vorzugsweise in dem Sympathicus verlaufenden Gefässnerven (Bernard). Nach Durchschneidung nämlich des Sympathicus am Hals steigt in der betreffenden Gesichtshälfte die Temperatur, (in Hunden um 3 bis 6 Grade) und die Arterien der operirten Seite (nach Donders auch die der Pia mater) werden dauernd weiter und blutreicher. Nach galvanischer Reizung des Nerven dagegen nimmt die Wärme ab und die Arterien werden enger. Diese Versuche sprechen demnach nicht bloss für einen direkten Nerveneinfluss auf die Gefässmuskeln, sondern auch für das ununterbrochene Bestehen dieses Einflusses, d. h. die Gefässmuskeln sind in beständiger activer Spannung begriffen (s. 94).

Budge erhielt Erfolge, wie bei der Bernard'schen Sympathicustrennung, als er entweder die eine Seitenhälfte des untersten Hals- und obersten Brusttheils des Rückenmarkes ausschnitt, oder die vorderen Wurzeln der von dieser Stelle austretenden Rückenmarksnerven trennte. Die betreffenden vasomotorischen Fasern treten also durch die vorderen (nicht die sensibeln hinteren) Rückenmarksnervenwurzeln und die Rami communicantes zum Halstheil des Sympathicus. Die genannte Region des Rückenmarkes ist demnach das Centrum der Contractilität jener Gefässprovinzen. Nach Reizung der vordern Wurzeln der untersten Rückenmarksnerven des Frosches sah Pflüger Verengerung der Arterien der hinteren Extremitäten, besonders in der Schwimmhaut. Die Contractilität, wenigstens gewisser Bezirke des Arteriensystems, hängt demnach in letzter Instanz vom Rückenmark ab. Eine Menge von Agentien, z. B. Kälte, Electricität, viele chemische Verbindungen veranlassen, bei direkter Einwirkung, Contraction der Gefässe. In den Arterien ist diese Contractilität sehr viel entwickelter als in den Venen; in den Capillaren fehlt sie und die Veränderungen der Lumina

und der Blutfüllungen der letzteren erfolgen ausschliesslich in passiver Weise. Die activen Spannungsgrade der Arterien zeigen keine rhythmischen Variationen; am Puls z. B. ist die organische Contractilität der Arterien nicht betheiligt. Schiff hat jedoch an den Arterien des Kaninchenohres spontane, vom Arterienpuls übrigens durchaus unabhängige, Contractionen und Expansionen entdeckt. Im Allgemeinen wechseln die Contractionsgrade, also auch die Gefässlumina, insoweit sie von ersteren abhängen, nicht schnell. Ebensowenig wechseln dieselben übereinstimmend in den verschiedenen Arterienbezirken; es ist im Gegentheil die organische Contractilität ein sehr wirksamer Regulator der Blutzufuhr bald zu diesen, bald zu jenen Körpertheilen.

Wird in Folge gewisser Erkrankungen eine Arterie in ein mehr oder weniger starres Rohr verwandelt, so kann die Blutzufuhr zu dem betreffenden Organ nicht mehr einem vorübergehend gesteigerten Stoffwechselbedürfniss gemäss vermehrt werden; Ernährungsstörungen der betreffenden Theile sind die gewöhnlichen Folgen dieser Anomalie.

Das Erblassen oder Rothwerden des Gesichts bei Gemüthsbewegungen wird gewöhnlich als Beispiel sehr plötzlicher activer Spannungsänderungen der Arterienmuskulatur angeführt. Der Beweis, dass die Erscheinung eine locale sei, ist aber nicht geliefert und es liegt viel näher, sie abzuleiten von plötzlich geminderter oder vermehrter Füllung des Aortensystemes zufolge der so schnell veränderlichen Herzbewegungen.

D. Blutgeschwindigkeiten und strömende Blutmassen.

166. Strom- und Wellenbewegung.

Das Blut zeigt zweierlei Bewegungen: die Strom- und Wellenbewegung, eine Unterscheidung, die namentlich E. H. Weber schärfer hervorgehoben hat. Das beständige Strömen aus den Arterien in die Venen ist die Folge des grösseren Blutdruckes in den ersteren. Das Herz ist demnach nicht die nächste Ursache der Strombewegung; letztere dauert fort z. B. beim aussetzenden Puls. Die hydraulische Aufgabe des Herzens besteht einfach in der Unterhaltung eines beständigen Druckunterschiedes zwischen dem Arterien- und Venenblut. Dieser wird erreicht 1) durch stossweises Eintreiben von neuem Blut in die Aorta, also durch Erhöhung der arteriellen Blutspannung und 2) durch Aufnahme von Blut aus den Hohlvenen in das rechte Herz, d. h. durch Minderung der venösen Blutspannung.

Gleichheit der Spannung des gesammten Körperblutes kommt im Leben niemals vor, ja sie ist selbst nicht einmal experimentell zu erreichen beim Stillstand des Herzens während der Vagusreizung. Der arterielle Druck nimmt dann zwar bedeutend ab und der venöse steigt etwas (Ludwig); der Gleichgewichtszustand wird aber verhindert, weil die Gefässe des grossen Kreislaufes kein freies Continuum bilden (Venenklappen, Drücke von Aussen u. s. w.), und weil auch das Blut in der Lungenblutbahn für sich bis zu einem gewissen Grad abgeschlossen ist.

Ein einfacher Apparat E. H. Weber's erläutert die genannten Wirkungen des Herzens. Der elastische Behälter *h* (Herz), Figur 35, ist mit 2 Klappen *k* versehen, die dem Wasser den Uebertritt nur in die elastische Röhre *a* (Arterie) gestatten. Eine die Capillarität darstellende Glasröhre *c* enthält einen Schwamm, welcher dem Uebertritt von Wasser in die elastische Röhre *v* (Vene) gewisse Hindernisse entgegensetzt. Ist der ganze Apparat mit Wasser gefüllt,

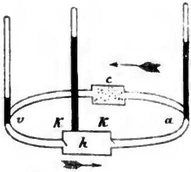


Fig. 35.

so sind die Wasserhöhen in den drei eingesetzten Druckmessern anfangs gleich; setzt man aber h in Thätigkeit durch abwechselndes Zusammendrücken und Nachlassen der Pressung, so steigt allmälig der Druck in a, während er in v abnimmt. Bei einer bestimmten Rhythmik der Pumpenstösse von h tritt ein bestimmter Beharrungszustand ein, d. h. 1) es fliesst eine gewisse Wassermenge von h nach a, und zwar soviel als in gleichen Zeiten h von v empfängt und 2) es besteht ein *permanenter Drucküberschuss* in a, gegenüber v, sodass das Wasser kontinuirlich aus a in v überströmt.

Jede Systole der linken Kammer erregt durch Eintreiben eines gewissen Blutquantums eine Welle im Aortensystem. Das Anfangsstück des Systems erweitert sich alsbald und der Blutdruck daselbst beginnt zu steigen. Diese Wirkung pflanzt sich rasch weiter gegen die Peripherie des Arteriensystems. Gleichzeitig erhält das, an sich schon in Vorwärtsbewegung begriffene, Blut einen verstärkten Impuls nach vorwärts. Die Bluttheilchen bewegen sich also *in der Richtung der Fortpflanzung der Welle*; man bezeichnet letztere als *Spannungs- oder positive Welle*.

Schliessen die Aortensemilunaren krankhafter Weise nicht, so fliesst während der Kammerdiastole etwas Blut in die Kammer zurück; es erfolgt also, wie beim Zurückziehen eines Spritzenstempels aus einer elastischen Röhre, eine *Abspannung* des Aortensystems und der Blutdruck *sinkt*. Diese Abspannung wird ebenfalls fortgepflanzt in der Richtung gegen die Arterienperipherie, die Bluttheilchen aber bewegen sich *in einer der Fortpflanzung der Welle entgegengesetzten Richtung*. Diese Wellen, die im Aortensystem wie gesagt nur krankhafter Weise vorkommen, heissen *Erschlaffungs- oder negative Wellen*.

Die positiven wie negativen Wellen pflanzen sich durch eine von Kautschukröhren eingeschlossene Wassermasse schnell weiter, etwa um 30 Fusse in 1 Secunde (E. H. *Weber*). Mit ungefähr ähnlicher Geschwindigkeit propagiren sich die Pulswellen, indem eine dem Herzen nahe Arterie nur um einen kleinen Bruchtheil einer Secunde früher zu pulsiren beginnt als z. B. eine Arterie am Fuss. Die Strombewegung besteht in einer sich bewegenden *Masse*, die Wellenbewegung dagegen in *durch eine Masse sich propagirenden Veränderungen der Formen, Spannungen und Geschwindigkeiten*.

167. Specielle Mechanik der Fortpflanzung der Pulswellen.

Zur Versinnlichung der Wellenbewegung in elastischen Röhren diene folgende Ueberlegung. Ein elastischer Schlauch sei, unter einer gewissen Spannung, mit Wasser gefüllt und in das eine Ende desselben eine mit einem Stempel versehene Röhre eingebunden. Eine schnelle Bewegung des Stempels treibe

Wasser in den Schlauch, und zwar mit Anfangs wachsender, dann aber bis zur Stempelruhe successiv abnehmender Geschwindigkeit.

Die Stempelbewegung kann zerlegt gedacht werden in unendlich viele kurze Einzelstösse. Der Einfachheit wegen wird angenommen, jeder Einzelstoss beschränke seine Wirkung zunächst auf das Anfangsstück *a* (Fig. 36, *A*). Der Stoss des ersten Zeitmomentes wird also in *a* eine schwache Ausdehnung und ein Vorwärtsfliessen des vorher ruhenden Wassers bewirken. Würde es bei diesem Stoss verbleiben, so müsste die Zusammenziehung von *a* im nächsten Moment das Stück *b* ausdehnen und das Wasser daselbst zum Vorwärtsfliessen bringen. Gleichzeitig aber treibt ein zweiter Stempelstoss neues Wasser in *a* ein,

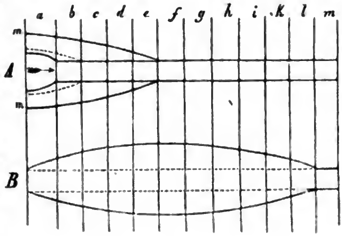


Fig. 36.

und zwar mit etwas grösserer Geschwindigkeit, als beim ersten Stoss. Der zweite Stoss dehnt demnach *a* weiter aus, als die (dem ersten Stoss entsprechende) Zusammenziehung von *a* den Röhrentheil *b* dehnt. Die Röhre hat jetzt in den Abschnitten *a* und *b* die Form der punktirten Linie, während sie in *c* u. s. w. noch die frühere Form zeigt. In der Mitte der ganzen Stempelbewegung erfolgt der stärkste Stoss und damit die stärkste Dehnung von *a*. Die Dehnungen haben sich aber auch verbreitet eine gewisse Strecke der Röhre entlang; diese hat die Form *mm*. Abschnitt *e* ist somit bloss unter der Wirkung des ersten, *d* unter der des ersten und zweiten .... *a* aber unter der aller fictiven Einzelstösse, die geschehen sind bis zum Maximalstoss. Von *e* an nach rückwärts nehmen demnach die Spannungen und Geschwindigkeiten successiv zu.

Der nächstfolgende Stempelstoss ist, den Bedingungen gemäss, schwächer; das nach *a* eingetriebene Wasser hat also eine etwas geringere Geschwindigkeit, das von *a* nach *b* übergehende aber das Maximum der Geschwindigkeit. Also kommt *b* jetzt in das Maximum der Dehnung, während *a* etwas enger wird. Im nächsten Moment wird *c* am stärksten gedehnt, *b* zeigt den Zustand, in welchem jetzt *a* sich befindet, *a* wird (der Stempelstoss dieses Momentes ist wieder etwas schwächer geworden) noch enger.

Auf diese Art pflanzt sich der Zustand der stärksten Spannung und Geschwindigkeit fort, nach dem Schema der Wellenbewegung, gegen die Röhrenperipherie hin, so zwar, dass diejenigen, an der Bewegung bereits Theil nehmenden Röhrenabschnitte, welche v o r dem jeweiligen Abschnitte der stärksten Spannung und Geschwindigkeit liegen, von Moment zu Moment Zunahmen ihrer Spannungen und Geschwindigkeiten erfahren, während das Umgekehrte der Fall ist bei den Röhrenabschnitten, die h i n t e r der Stelle der grössten Spannung liegen.

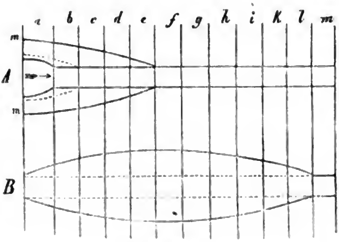


Fig. 36.

Im Momente der Stempelruhe ist der Impuls der Stösse fortgepflanzt bis *l* (Fig. 36, *B*), d. h. die Wasser- und Röhrentheilchen von *a* bis *l* repräsentiren in diesem Momente alle Phasen einer Wellenbewegung: wachsende Spannungen von *l* gegen *f*, abnehmende Spannungen von *f* bis *a*. Der Anfang *a* der Röhre hat also jetzt durchgemacht successiv zunehmende Spannungen bis zur Maximalspannung und von da an wieder successiv abnehmende Spannungen bis zum früheren, d. h. vor dem Durchgang der Welle bestandenen Gleichgewichtszustand. Während dieser Veränderungen von *a* hat sich also die Wellenbewegung propagirt bis *l*; die Strecke *a* — *l* stellt also die Wellenlänge dar. Man sieht zugleich, dass die Wellenbewegung in der Fortpflanzung einer Form, eines Zustandes, durch ein Medium (Masse) besteht, nicht aber in der Fortbewegung einer Masse als solcher.

In der ganzen Strecke *a* — *l* fliesst das Wasser vorwärts, aber mit ungleichen Geschwindigkeiten; am schnellsten nämlich in *f*, von wo aus die Geschwindigkeiten nach vorwärts, wie nach rückwärts successiv abnehmen. Dasselbe ist der Fall mit den Drücken (Dehnungen). Der stärkste Druck in *f* macht sich geltend nach vorwärts und rückwärts: nach vorwärts (von *g* bis *l*) aber im Sinne der Bewegung, also mit dem Ergebniss, dass das Vorwärtsfliessen in jedem Abschnitt wächst bis zur Maximalgeschwindigkeit. In den Röhrentheilen von *a* bis *e* aber bewegen sich die Wassertheilchen entgegen dem stärkeren Druck; die Folgen also sind Verzögerungen der Geschwindigkeiten. In *a* ist die Geschwindigkeit am geringsten; die Verzögerung bringt demnach das Wasser in *a* im selben Moment zur Ruhe, während die verzögernde Wirkung in *b* erst im nächsten Moment geschieht u. s. w. Die Dehnungen also werden successiv in *a*, *b* u. s. w. vernichtet, während die Welle vorn entsprechend weiter schreitet nach *m* u. s. w.

168. Mittlere Blutgeschwindigkeiten in den Gefässen.

Das Blut fliesst in der Carotis nicht zu kleiner Säugethiere mit einer Secundengeschwindigkeit von etwa 1 Fuss (Kalb 232, Hund 261, Pferd 300 Millimeter). In engeren Arterien aber nimmt die Geschwindigkeit bedeutend ab (z. B. Metatarsea des Pferdes 56 M.m. nach Volkmann). In den Capillaren beträgt die Stromschnelle der Mittelschicht bloss etwa ½ M.m. beim Frosch (E. H. Weber), in Säugethieren etwa 0,8 M.m. in der Secunde. Das Fliessen in der Wandschicht ist nach Weber ungefähr 9 — 17 mal langsamer, vorausgesetzt, dass das träge Fortrollen der in diese Schicht manchmal übergeworfenen farblosen Blutkörperchen als Maass der Bewegung dieser Schicht gelten darf. In

den grösseren Venen endlich beträgt die Blutgeschwindigkeit etwa ½ oder höchstens ¾ von derjenigen der entsprechenden Arterien.

In den Arterien fliesst also das Blut allmälig langsamer, in den Capillaren ist die Geschwindigkeit am geringsten, um in den Venen in der Richtung von den Aesten gegen die Stämme wieder zu wachsen. Diese Erscheinungen erklären sich aus den Kaliberverhältnissen des Gefässsystems. Theilt sich eine Arterie, so sind zwar die einzelnen Aeste enger als der Stamm, die Summe aber der Querschnitte der Aeste ist fast ausnahmslos grösser als der Querschnitte des Stammes (Cole). Das Blut strömt also in den Arterien gewissermassen in einem immer breiter werdenden Flussbett, welches in den Capillaren, alle zu einem Querschnitt vereint, eine ungeheure Erweiterung bietet, um im Venensystem gegen die Hohlvenen hin allmälig sich wieder zu verengen. Die Stromgeschwindigkeiten in den zusammengelegt gedachten Gefässen gleichen Ranges verhalten sich nothwendig umgekehrt, wie deren Querschnitte.

169. Rhythmischer Wechsel der Blutgeschwindigkeiten.

Jede Kammersystole veranlasst in den grösseren Arterien eine namhafte Beschleunigung (von 20 — 30 %, Vierordt) der Blutgeschwindigkeit. Das Fliessen in denselben ist also continuirlich, aber stossweis vermehrt. Diese systolischen Strombeschleunigungen nehmen, mit der Grösse des Pulses und dem Spannungszuwachs des Blutes, wegen der Verbreiterung des Flussbettes allmälig ab gegen die Peripherie des Arteriensystems; an einer, je nach der Herzthätigkeit veränderlichen, Grenze in den peripheren Arterien hört endlich die Herzwirkung vollständig auf. In den Capillaren fliesst desshalb das Blut gleichmässig; ohne irgend welche pulsatarischen Stösse; noch viel weniger können demnach die Systolen der linken Herzkammer ihre unmittelbaren Wirkungen bis in die Venen ausdehnen. In diesen ist das Fliessen an sich ein continuirliches, aber es machen sich mehrfache Einflüsse geltend, welche hemmend oder beschleunigend eingreifen (Drücke, Athembewegungen, 163).

Die Athembewegungen, vorausgesetzt, dass sie ausgiebig und nicht zu langsam sind, verursachen eine zweite Reihe periodischer Variationen der Stromgeschwindigkeiten in den grösseren Gefässen. Die Exspiration beschleunigt, die Inspiration verlangsamt das arterielle Strömen, während sie auf die Blutbewegung in den dem rechten Herzen näheren Venen umgekehrt wirken (164).

170. Haemotachometrische Technik.

Zur Messung der Blutgeschwindigkeiten in den grösseren Gefässen dient das Haemodromometer von Volkmann. Eine Metallröhre *m*, Figur 37, mit zwei Hahnen von 1½ Bohrung wird eingebunden in das querdurchschnittene Gefäss *aa'*, so dass das Blut bei der Stellung der Hahnen wie in Figur 37, durch *m*, also in normaler Richtung fliesst. In *m* mündet die (in der Figur sehr abgekürzte) stricknadelförmig gebogene, mit Wasser ge-

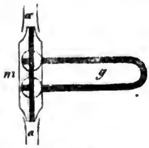


Fig. 37.



Fig. 38.

füllte Glasröhre *g* mit zwei Oeffnungen. Werden die Hahnen gedreht, so ist der frühere Weg verschlossen (Figur 38) und das Blut legt in wenigen Augenblicken die Bahn durch die Glasröhre zurück.

Das Haemotachometer von Vierordt gestattet etwas längere Beobachtungszeiten. Es besteht, Figur 39, in einem kleinen, vor dem Einströmen des Blutes mit Wasser gefüllten Kästchen mit parallelen Seitenwänden von Glas. *a* ist die Einfluss-, *b* die Ausflussmündung. Ein senkrecht herabhängendes Pendelchen wird vom Blutstrom abgelenkt, und zwar um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit ist. Das Pendelchen endet in ein silbernes Kügelchen, welches jederseits mit einer feinen Spitze an die Glaswand jedoch ohne Reibung tangirt. Die Spitzen lassen durch die sonst undurchsichtige Blutschicht die Ablenkung des Pendelchens erkennen. Jede Kammersystole vermehrt die Ablenkung, so dass an den Oscillationen des Pendels die Pulszahlen abgelesen werden können. Der Träger des Apparates ist in der Zeichnung weggelassen.

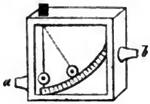


Fig. 39.

Die Blutgeschwindigkeit in den Capillaren wird bestimmt, indem man die Zeit misst, die ein einzelnes Blutkörperchen braucht, um eine bestimmte Strecke im Sehfeld des Mikroskopes zurückzulegen.

171. Umlaufende Blutmassen.

Wir können nunmehr die für die Physiologie des Kreislaufes und die Grössenverhältnisse des gesammten Stoffwechsels wichtige Frage erörtern, nämlich die Blutmenge, welche in einer gegebenen Zeit in die Aorta eingetrieben wird.

Die Secundengeschwindigkeit des Carotisblutes können wir zu 261 M.m. (168) annehmen; der Querschnitt der menschlichen Carotis ist 0,63 □ C. M., also die Durchflussmenge per Secunde 16,4 Cub. Centimeter (s. Figur 40). Der Querschnitt der A. subclavia ist 0,99 □ C. M., die Geschwindigkeit kann unmöglich von der in der Carotis erheblich abweichen, also beläuft sich die Durchflussmenge auf 25,8 C. C. M. Somit fliessen durch die Anonyma in 1 Secunde 42,2 C. C. M. Der Querschnitt der letzteren beträgt 1,44 □ C. M., derjenige der Aorta unmittelbar hinter der Abgabe der Anonyma 4,39 □ C. M. Wäre die Blutgeschwindigkeit in beiden Gefässen gleich, so würde die in einer Secunde durch das genannte Aortenstück fliessende Blutmenge betragen 129 C. C.M. Die Geschwindigkeit im Arcus aortae ist aber grösser, etwa um $^1/_4$; also wäre deren Durchflussmenge 161 C. C. M. Rechnen wir dazu die 42 C. C. M. der Anonyma und 4 C. C. M. für die Coronariae cordis, so hätten wir 207 Cub. Centimeter, = 219 Grammen Blut ausgetrieben in einer Secunde aus der linken Herzkammer. Da auf einer Secunde $1^1/_5$ Systolen fallen, so treibt eine Systole aus 172 C. C. M. = 180 Grammen Blut.



Fig. 40.

In der gleichen Zeit wird dieselbe Masse vom rechten Herzen in die Lungenarterie, oder vom Arteriensystem der Körperblutbahn in das Venensystem übergeführt.

172. Messung der Kreislaufszeiten.

Die Zeit, welche das Blut braucht, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, wurde zuerst von Hering experimentell an Pferden bestimmt. Derselbe spritzte eine Lösung von Ferrocyankalium in eine Vene, z. B. in die äussere Iugulare. Das Injicirte wurde mit dem Blutstrom fortgerissen und das aus der angestochenen gleichnamigen Vene der anderen Seite auslaufenden Blut in Portionen von 5 zu 5 Secunden angesammelt. Die etwa 1 Minute dauernden Versuche ergaben demnach 12 Blutproben; diese wurden mittelst Eisenchlorid auf die Anwesenheit von Ferrocyankalium untersucht; diejenige Probe, welche die erste Bläuung zeigte (Berlinerblau), gab die Dauer eines ganzen Kreislaufes an, d. h. die Zeit, die das Blut braucht, um z. B. von der linken Iugularis in's rechte Herz, Lungenblutbahn, linke Herz, und die Aortenverzweigungen zurück zur Iugulare zu fliessen.

Zur schärferen Bestimmung der Zeiten setzte Vierordt eine grosse Scheibe auf das Kymographion (160), deren Rand mit vielen kleinen Trichterchen versehen wurde. Die Rotation der Scheibe begann genau mit dem Anfang der Injection des Eisensalzes in die Vene; die Trichterchen sammelten das ausgelaufene Blut an. Jede Einzelprobe entspricht einer halben Secunde.

Aus der angestochenen Vene darf nur eine der normalen Durchflussmenge des Gefässes entsprechende Blutmenge auslaufen. Bei sehr trägem Blutlauf, z. B. im Winterschlaf, ist die Methode wohl nicht anwendbar.

173. Kreislaufszeiten.

Schon die ungemein schnelle Wirkung gewisser Gifte liess sehr kurze Kreislaufszeiten erwarten. Spritzt man Blausäure oder Strychninlösung in den Kreislauf ein, so folgen in der That die Giftwirkungen fast augenblicklich nach. Die durchschnittliche Dauer eines ganzen Blutumlaufes beträgt nach Hering im Pferde 31,5 Secunden; nach Vierordt im Eichhörnchen 4,39, Katze 6,69, Igel 7,61, Kaninchen 7,79, Hund 16,7, Huhn 5,17, Bussard 6,73, Ente 10,64, Gans 10,86 Secunden u. s. w. Die Kreislaufszeiten in den so ungemein verschieden langen Blutbahnen desselben Thieres differiren, wie Hering fand, nur wenig. Vierordt liess das Blut gleichzeitig auslaufen aus zwei Venenöffnungen, z. B. der rechten Iugularis und einer Cruralis. Wurde die Injection in die linke Iugularis gemacht, so betrug im Hunde die Kreislaufszeit der Iugularisbahn 16,32, der Iugularis-Cruralvenenbahn 18,08 Secunden. In den kleinen Gefässen, namentlich den Capillaren, erfolgt das Fliessen am langsamsten; diese Verzögerung ist allen Bahnen gemeinsam, während es bei der bedeutenden Blutgeschwindigkeit in den grossen Gefässen, fast gleichgültig ist, ob ein Theil dem Herzen nahe oder fern liegt.

Die Variationen der Kreislaufszeiten siehe in der speciellen Physiologie. Zunächst hängen die Variationen in demselben Individuum ab von der Zahl und Grösse der Herzkammersystolen. Nimmt die Pulsfrequenz etwas zu, so wird die Kreislaufszeit ein wenig kürzer, bald aber kommt ein Punkt, wo sie wie-

der zunimmt, indem bei grösserer Pulsfrequenz die Systolen allmälig weniger ausgiebig werden. Hohe Pulsfrequenzen (z. B. im Fieber) führen demnach zu Verlängerungen der Kreislaufsdauer.

174. Abhängigkeit der Kreislaufzeiten von den Pulsfrequenzen.

Die Hauptfactoren des Blutumlaufes: Zahl der Herzschläge, Kreislaufszeiten, Blutdruck und umgetriebene Blutmassen, welche wir bisher bloss für sich betrachteten, stehen, wie Vierordt zeigte, unter sich in gesetzmässigen Zusammenhängen, und zwar in der ganzen Reihe der warmblütigen Thiere, deren Kreislaufsapparate zudem nach demselben Grundschema eingerichtet sind.

Die mittlere Kreislaufsdauer einer Säugethier- oder Vogelart ist gleich der durchschnittlichen Zeit, in welcher das Herz 27 Schläge vollendet.

	Mittlere		Herzschläge während eines Kreislaufes.
	Körpergewichte in Grammen.	Pulsfrequenzen.	
Eichhorn	222	320	23,7
Katze	1312	240	26,8
Igel	911	circa 189	23,8
Kaninchen	1434	220	28,5
Hund	9200	96	26,7
Pferd	380000	55	28,8
Huhn	1332	354	30,5
Bussard	693	282	31,6
Ente	1324	163	28,9
Gans	2822	144	26,0

Diese so nahe übereinstimmenden Ergebnisse, welchen zudem noch anderweitige Thierarten sich anschliessen, gestatten, die Kreislaufszeit des Menschen (Pulsfrequenz 72) zu 23,1 Secunden anzunehmen.

Ein Corollarium des Gesetzes lautet: Die mittleren Kreislaufszeiten der Thierarten verhalten sich wie die mittleren Dauern einer Herzbewegung, oder umgekehrt wie ihre Pulsfrequenzen. Würde eine Warmblüterspecies eine Pulsfrequenz von 400 haben, so wäre die Kreislaufszeit circa 4 Secunden.

175. Blutmenge des Körpers.

Die vorhergehenden Erfahrungen benützte Vierordt zur Bestimmung der Blutmenge. Während der Dauer eines Blutumlaufes fliesst alles Blut des Körpers ein Mal durch das linke Herz, also muss in den Warmblütern das durch eine Kammersystole ausgetriebene Quantum $^1/_{27}$ der gesammten Blutmasse betragen. Die Kreislaufszeit des Menschen ist 23,1 Secunden;

während dieser vollführt das Herz 27,7 Systolen. Eine Systole treibt 172 C. C. M. Blut aus, also ist die Blutmenge des Menschen = 4760 C. C. M., rund 5000 Grammen. Das durchschnittliche Körpergewicht beträgt 63,6 Kilogramme, also die Blutmenge $\frac{1}{12,6}$ des Körpers. Eine Ventrikelsystole treibt demnach eine Blutmasse aus von $\frac{1}{353}$ des Körpergewichtes. Tragen wir nunmehr diese letztere Annahme auf die Thiere über. Das mittlere Körpergewicht der Kaninchen betrug 1434 Grammen, 1 Systole also würde austreiben 4,06 Gr.; die Kreislaufszeit ist 7,79, auf die letzteren kommen 28,5 Systolen, also ist die Blutmenge des Kaninchens 25,5 $\times$ 4,06 = 115 Gramm. = $\frac{1}{12,4}$ des Körpergewichtes. Nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen berechnet sich die Blutmenge für den Hund zu $\frac{1}{13,2}$, Pferd $\frac{1}{12,3}$, Katze $\frac{1}{13,1}$, Ente $\frac{1}{12,3}$ u. s. w. des Körpergewichtes. Diese übereinstimmenden Zahlen zeigen, dass die Blutmenge in den Warmblütern ungefähr $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes beträgt.

176. Beziehungen der strömenden Blutmengen zu den Pulsfrequenzen.

Die mittleren Kreislaufszeiten zweier Species von Warmblütern verhalten sich umgekehrt wie die durch gleiche Gewichtstheile der Thiere in gleichen Zeiten fliessenden Blutmassen. Woraus wieder folgt: die durch gleiche Gewichtstheile zweier Thierarten in gleichen Zeiten strömenden Blutmassen verhalten sich wie deren Pulsfrequenzen (s. die nachfolgende Tabelle). Je rascher also die Herzschläge, desto intensiver muss, Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt, die Stoffwechselgrösse einer Thierart sein.

Wir kennen keine Thatsache, dass in Thieren mit hohen Pulsfrequenzen (in der Regel Thiere niederer Statur) die Capillaren relativ viel zahlreicher seien; in solchen Thiere aber werden relativ sehr bedeutende Blutmassen umgetrieben, also muss auch die Capillarblutgeschwindigkeit in ihnen grösser sein.

	Blutmenge (in Grammen) fliessend in 1 Minute durch		Puls-frequenz.
	1000 Grammen Körpermasse.	das Herz.	
Eichhorn	892	198	320
Kaninchen	620	890	220
Hund	272	2500	96
Mensch	207	13100	72
Pferd	152	58800	55

177. Beziehungen zwischen Blutdrücken und strömenden Blutmengen.

Die mittleren arteriellen Blutdrücke zweier Thierarten verhalten sich wahrscheinlich umgekehrt wie die, in gleichen Zeiten durch gleiche Körpergewichte fliessenden durchschnittlichen Blutmengen (Vierordt).

Die grosse Verschiedenheit der durch die Körpergewichtseinheit in verschiedenen Thieren fliessenden Blutmassen führt zur Annahme, diese Blutmassen werden sich umgekehrt verhalten, wie die in dem Gefässsystem der Körpergewichtseinheit sich entwickelnden Stromhindernisse. Das Haemodynamometer darf annähernd angesehen werden als ein Messapparat dieser Stromhindernisse; es steht, wenn es dem Herzen möglichst nahe eingesetzt wird, unter dem Einfluss aller stromhemmenden Momente, die sich geltend machen in der ganzen Körperblutbahn. Die Blutdrücke sind übrigens noch nicht allseitig genug untersucht; namentlich muss die Geltung der obigen Aufstellung in Vögeln weiteren Prüfungen anheimgestellt werden.

Aus dem Gesetz würde weiter folgen: die Produkte der arteriellen Blutdrücke in die durch gleiche Körpergewichtstheile in gleichen Zeiten fliessenden Blutmengen sind gleich. Z. B.

	a. Blutdruck in M. m. Hg.	*b.* Relative Blutmengen.	$a \times b$
Pferd	280	152	425 . . .
Hund	150	272	408 . . .
Kaninchen	70	620	434 . . .

Für den Menschen würde sich (das Produkt $a \times b$ im Mittel zu 422 gesetzt) ergeben ein Blutdruck von 200 Millim. Hg. Ein Corollarium des obigen Gesetzes wäre: die mittleren arteriellen Blutdrücke verhalten sich wie die mittleren Kreislaufszeiten; d. h. sie dürften etwa in der Reihe der Warmblüter differiren um das 7—8fache.

178. Arbeit des Herzens.

Daniel Bernouilli hat zuerst die mechanische Arbeit des Herzens nach richtigen Principien berechnet.

Die linke Herzkammer treibt in 1 Secunde aus 219 Grammen Blut und überwindet dabei den Widerstand einer Blutsäule von etwa $2^1/_2$ Metern Höhe (nahezu 200 M.m. Hg.); also ist der Nutzeffect (s. 91) der Kammer in 1 Secunde 0,54 Kilogrammmeter. Die Effecte der übrigen Herzabschnitte zusammengenommen sind ohne Zweifel geringer.

Aus dem vorhergehenden Paragraphen folgt: die Nutzeffecte der linken Herzkammer in verschiedenen Thierarten, bezogen auf die Körpergewichtseinheit derselben, sind nahezu dieselben. Für 1 Kilogramm Thier wäre der minutliche Nutzeffect der linken Herzkammer etwa 0,48 Kilogrammmeter.

VIII. Verdauung.

179. Aufgaben.

Die unaufhörlichen Stoffverluste des Körpers werden ersetzt durch periodische Zufuhren in den Nahrungsschlauch. Je nach ihrem Verhältniss zu den Dauungsthätigkeiten können die Ersatzstoffe getheilt werden in 1) solche, die ohne Weiteres im Nahrungsschlauch aufgesaugt werden, z. B. Wasser; 2) solche, die zur Aufsaugung nur einer einfachen Lösung bedürfen, und 3) solche, die erst, nachdem sie chemische Umsetzungen erfahren haben, resorptionsfähig sind. Diese bilden den Gegenstand der Verdauung im engeren Sinn.

Die der Verdauung dienenden Funktionen des Nahrungsschlauches sind zweierlei: 1) Mechanische, ausgeführt von der Muskulatur des Apparates. Sie bezwecken vorzugsweis die Zerkleinerung und das Fortrücken der Speisen, sowie deren innige Vermischung mit den Verdauungssäften. 2) Chemische. Diese werden vermittelt durch die, von bestimmten Drüsen secernirten Verdauungssäfte, welche lösend und umsetzend auf gewisse Nährstoffe wirken. Ihre verdauenden Kräfte verdanken diese Säfte organischen Materien, die nach Art der Fermentkörper, in bestimmten Nährstoffen chemische Umsetzungen einzuleiten vermögen.

A. Nahrungsmittel.

180. Physiologische Eintheilung.

Fast alle Substanzen, welche wir zur Befriedigung unseres Hungers und Durstes, also direkt oder indirekt zur Ernährung des Körpers, dem Verdauungsapparat einverleiben, bestehen aus mehreren, oder selbst vielen chemischen Einzelverbindungen. Man unterscheidet:

1) Nahrungsmittel im engern Sinn (Restaurantia). Substanzen, welche in relativ grösseren Mengen Bestandtheile enthalten, die zum Ersatz der Körperverluste verwendet werden können. Diese Bestandtheile (Nährstoffe) sind den normalen Bestandtheilen des Blutes und der Organe gleich oder doch sehr ähnlich, d. h. so beschaffen, dass sie im Körper in jene umgewandelt werden können. Hierher gehören die Eiweisskörper, Fette, sogenannten Kohlenhydrate, eine Reihe von Mineralbestandtheilen und das Wasser. Repräsentanten dieser Gruppen kommen vor in den meisten Säften und den Geweben des Körpers. Die Bedeutung derselben für die Ernährung kann erst später (Abschnitt XIV) dargestellt werden.

2) Verdauungsmittel. Sie unterstützen die Verdauung, indem sie Geruch und Geschmack der Zufuhren verbessern und die Secretionen der Verdauungssäfte vermehren. Hierher gehören die Gewürze, vermöge ihres Gehaltes an scharfen, den Geschmack der Speisen corrigirenden und die Secretionen des Nahrungsschlauches anregenden, ätherischen Oelen; sowie das Koch-

salz, welches insofern als „Verdauungsmittel“ anzusehen ist, als es offenbar weit über den Bedarf als Restaurans von uns aufgenommen wird.

3) Genussmittel. Diese umfassen die Alcoholica und einige, Caffein- oder Theobrominhaltenden Substanzen. Sie können selbstverständlich nicht dienen als Stoffersatze des Körpers, wohl aber als Reizmittel für das Nervensystem, und als solche sind sie bei der Mehrzahl der Menschen in Gebrauch gekommen, der gerechtfertigt ist bei mässigem Genuss

181. Chemische Eintheilung der Nährstoffe.

Ihren chemischen Characteren gemäss, denen übrigens auch bestimmte physiologische Qualitäten entsprechen, zerfallen die Nährstoffe in zwei Hauptgruppen:

I. Unorganische, im Allgemeinen dadurch ausgezeichnet, dass sie im Organismus nicht oder nur wenig verändert werden. Hierher gehören das Wasser und die unorganischen Salze. Sie sind in allen Nahrungsmitteln enthalten, jedoch in verschiedenen Proportionen und Mengen. Bei den Salzen sind hervorzuheben die Basen: Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Eisen; als Säuren: Phosphor-, Schwefel-, Kohlen- und Salzsäure.

II. Organische. Diese werden chemisch umgesetzt im Körper; sie verlassen denselben in anderen Formen als sie eingeführt wurden. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen:

a. Stickstoffhaltige Nährstoffe.

1) Eiweisskörper: Eiweiss, Blutfaserstoff, Muskelfaserstoff, Globulin, Käsestoff, Kleber, Legumin. Die Eiweisskörper kommen vor in der thierischen Nahrung (namentlich Milch, Fleisch, Blut, Hirn, Leber und einige Drüsen), in der pflanzlichen vorzugsweis in den Getreidearten und Hülsenfrüchten. Sie dienen zum Ersatz der Eiweisskörper der Säfte und Organe.

2) Blutfarbstoff. Verwendung unbekannt.

3) Leimarten. Sie sind nicht als solche im Körper enthalten, und bilden sich erst beim Kochen der leimgebenden Gewebe. Man unterscheidet Knochenleim (darstellbar aus Knochen, Sehnen, Bindegewebe) und Knorpelleim (gewinnbar aus den bleibenden Knorpeln).

b. Stickstofflose Nährstoffe.

1) Neutrale Fette (Elain, Butyrin, Margarin, Stearin), in der Milch, Butter, fetten Käsen, Bindegewebe, Hirn, Leber. Viel weniger repräsentirt sind die Fette in den Vegetabilien; am meisten noch in einigen ölreichen Pflanzen.

2) Sogenannte Kohlenhydrate. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser. Hierher gehören: a) Zuckerarten (Rohr-, Trauben- und Milchzucker) b) Stärkmehlarten. Vor allem das Stärkmehl selbst (viele Wurzeln, Kartoffel, Saamen der Getreidearten und Hülsenfrüchte) und das Stärkegummi (Dextrin), ein häufiger

Begleiter des leicht in Dextrin umsetzbaren Stärkmehls, c) Pflanzenschleim, in grösserer Menge in manchen Knollengewächsen und in gewissen Saamen enthalten. d) Pflanzenzellstoff (Cellulose) besonders reichlich in den Kohlarten.

3) Pectinstoffe, die gelatinirenden Bestandtheile fleischiger Früchte und rübenartiger Wurzeln.

4) Organische Säuren, Sauerklee-, Apfel-, Wein-, Milchsäure u. s. w. in untergeordneten Mengen, namentlich in Früchten; endlich:

5) der Alkohol.

182. Hauptsächlichste Nahrungsmittel.

Die vegetabilischen Nahrungsmittel sind, im Vergleich zu den animalischen, durchschnittlich ärmer an Eiweisskörpern und sehr arm an Fett; die Leimarten fehlen ihnen gänzlich, während die Kohlenhydrate bedeutend überwiegen. Die Nahrung des Pflanzenfressers ist dem Thierleib minder ähnlich, sowie viel voluminöser und schwerer verdaulich, weil die Nährstoffe in Zellen abgelagert sind, deren Cellulose nur langsam gelöst wird. Im Zusammenhang damit steht die viel grössere Länge des Nahrungsschlauches der Pflanzenfresser, gegenüber den Thieren die von gemischter, oder gar ausschliesslich von animalischer Kost leben.

Ein näheres Eingehen auf die wichtigsten Nahrungsmittel ist hier nicht möglich. Die beifolgende Tabelle soll bloss in runden Zahlen eine vergleichende Uebersicht geben über die Procentmengen der hauptsächlichsten Bestandtheile der gewöhnlichsten Nahrungsmittel im Rohzustand und in einigen ihrer wichtigsten Bereitungsweisen.

Nahrungsmittel.	Eiweisskörper.	Leimarten und Leimgebende Gewebe.	Fette.	Amylon, Dextrin, Zucker.	Cellulos
Säugethierfleisch . .	Muskelfaser 16 Eiweiss 2	2	3	. . . . . .	. .
Fleischbrühe	Kleine Eiweissmengen mechanisch beigemengt	0,5	variable Mengen mechanisch beigemengt	. . . . . .	. .
Hirn	Eiweiss 8	. . .	15	. . . . . .	. .
Leber	Eiweiss 13,5	5	3,5	1—2 Zucker	. .
Kalbsbröschen (Thymus)	E. 21	6	0,3	. . . . . .	. .
Eigelb vom Huhn . .	Vitellin 17	. . .	29	. . . . . .	. .
Eiweiss „ „ . .	Eiweiss 11	. . .	1—2	Spuren Zucker	. .
Kuhmilch	Casein 4—5 Eiweiss 0,2-0,5	. . .	4	Milchzucker 4	. .
Käse	Casein 33	. . .	24	. . . . . .	. .
Butter	Casein 1,5	. . .	77,5	. . . . . .	. .
Weizenmehl	13 Kleber und Eiweiss	. . .	1	61 Amylon 8 Dext.u.Zucker	3,5
Weizenkleie	16 Kleb. u. Eiw.	. . .	4	40 A. D. u. Z.	21
Weizenbrod	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	33–34 A. 11 D — 2 Z.	. .
Roggenbrod	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	40 A. D. u. Z.	5
Bohne	22 Legumin u. Eiweiss	. . .	1,5	53 A. D. und etwas Z.	5
Erbse	23 Leg. u. Eiw.	. . .	2	53 A. D. u. Z.	4
Linse	27 Leg. u. Eiw.	. . .	2,5	56 A. D. u. Z.	2
Kartoffel	1–2 Eiweiss	. . .	1,5	13 Amyl. 2 Dextr.	6
Gelbrübe	1,5 E.	. . .	0.3	8 Z. u. D.	3
Kohlrabi	2 E.	. . .	0,3	14 D. u. Z.	3
Apfel	0,5 E.	. . .	. . .	8 Z. u. D.	8
Birne	0,2 E.	. . .	. . .	7–11 Z. u. D.	4
Kirsche	0,7 E.	. . .	. . .	8–11 Z.	1,3
Traube	0,7 E.	. . .	. . .	15 Zucker	1,5
Wein	. . . . . .	. . .	. . .	0.5 Z.	. .
Bier	Spuren	. . .	. . .	6 Dextr. u. Zuck.	. .

Extractivstoffe.	Organische Säuren.	Salze.	Wasser.	Alcohol.	Anmerkungen.
2	. . .	1	74	. . .	Die hauptsächlichsten Extractmaterien sind: Milchsäure, Inosinsäure, Kreatin, Kreatinin, Sarkin.
0,3	. . .	0,3 ohne den Kochsalzzusatz	98½	. . .	Bei möglichster Extraction werden etwa 3% des Fleisches ausgelaugt.
?	. . .	1	76		
4	. . .	1	71		
1,5	. . .	1	70		
1	. . .	1	52	. . .	Das Weisse des Hühnereies wiegt doppelt so viel als der Dotter.
2	. . .	0,5	84,5		
. . .	. . .	0,5	87		
. . .	. . .	5	38	. . .	Ausserdem kleine Mengen flüchtiger Fettsäuren.
. . .	. . .	. . .	21,5		
. . .	. . .	1	12—13		
. . .	. . .	5	14		
. . .	. . .	1	43		
. . .	. . .	1,5	44		
3	. . .	2,5	13		
2	. . .	2	14		
?	. . .	1,5	11		
1,5	. . .	1	74		
. . .	. . .	1,5	85		
. . .	. . .	2	79		
. . .	1	0,5	82		
. . .	kl. Mengen	0,4	84		
. . .	0,5—1	0,7	75		
. . .	0,7	0,5	81		
0,3	0,5	0,2	86—92	5—12	In rothen Weinen Gerbsäure.
. . .	. . .	0,2	90—93	2—5	Bitterer Extractivstoff und ätherisches Oel des Hopfens. Variabele Mengen freier Kohlensäure.

B. Verdauungssäfte und deren Wirkungen.

183. Mundflüssigkeit.

Dieses, eine Mischung von Mundschleim und der Secrete der drei Speicheldrüsenpaare darstellende Fluidum ist fast farblos, etwas viscös, ohne Geschmack und Geruch. Es enthält runde sogenannte Speichelkörperchen (abgestossene Epitelzellen, nach Donders namentlich der Speicheldrüsen auf dem Boden der Mundhöhle), Schleimkörperchen (analoge Körperchen, aus den kleinen traubenförmigen Drüschen) und Pflasterepitelzellen, öfters zu grösseren Fetzen vereint. Die schwach alcalische Reaction wird stärker während des Essens. Die Flüssigkeit sammt den eingeschlossenen morphologischen Bestandtheilen, hat ein specifisches Gewicht von 1005 (1004—1009) und etwa $^3/_4$ Procente feste Bestandtheile. Unter diesen sind hervorzuheben: das sogenannte Ptyalin, eine stickstoffhaltige, noch nicht rein dargestellte, an Alcali gebundene Fementsubstanz. Ferner Rhodankalium (Schwefelcyankalium), in den meisten Speichelproben nachweisbar durch die rothe Färbung nach Zusatz von neutralem Eisenchlorid (Treviranus). Beide Substanzen gehören wahrscheinlich den Secreten sämmtlicher Speicheldrüsen an. Die unorganischen Bestandtheile (besonders Chloralkalien, phosphorsaure Alkalien, und kleine Mengen von kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk) machen etwas über die Hälfte der Fixa der Mundflüssigkeit aus.

Das Secret der Schleimdrüsen des Mundes zeigt die gewöhnlichen Charactere des Schleimes. Der Ohrspeichel wird rein erhalten durch Fisteln des Stenonischen Ganges, nach zufälliger Verwundung an Menschen, oder künstlich angelegt an Thieren. Das Submaxillardrüsensecret ist weniger alcalisch, aber viscöser und viel reicher an Speichelkörperchen, als der Ohrspeichel. Das Secret der Sublingalis scheint dem ihrer Nachbardrüse ziemlich analog zu sein. Dem Parotissecret werden von Manchen die morphologischen Bestandtheile abgesprochen; in einzelnen Fällen von Fisteln an Menschen wurden sie aber unzweifelhaft erkannt.

184. Speichelsecretion.

Die Angaben über die Secretionsgrösse gründen sich auf die Flüssigkeitsmengen, welche man aus Fisteln oder bei willkürlicher Speichelung erhält. Sie können sich von der Wahrheit möglicherweise sehr weit entfernen. Nach Bidder und Schmidt sollen in 24 Stunden etwa 1500 Grammen abgesondert werden.

Alle drei Speicheldrüsen erhalten Nervenfasern 1) vom Sympathicus, 2) Trigeminus (die Parotis vom n. auriculo-temporalis, die beiden anderen Drüsen vom n. lingualis) und 3) vom Facialis.

Ludwig und Rahn haben gezeigt, dass der Facialis die Speichelsecretion beherrscht; der Fall bietet überhaupt das beste, bis jetzt bekannte, Beispiel von Nervenwirkungen auf die Absonderungsprocesse. Reizt man mittelst der schnellen Schläge der Inductionsmaschine z. B. den Submaxillardrüsenzweig des lingualis Trigemini, welcher Fasern von der Chorda tympani des Facialis aufnimmt, so wird die vorher geringe Secretion bedeutend vermehrt. Ein in den Wharton'schen Gang eingesetztes Manometer zeigt, dass der Druck des in den Drüsencanälen Angesammelten erheblich grösser sein kann als der Blutdruck, ohne dass die Secretion zum Still-

stand käme. Mit fortgesetzter Reizung nimmt die Menge des aus dem Ausführungsgang Abfliessenden sehr ab, das Secret wird noch wässeriger und ärmer, namentlich an organischen Bestandtheilen.

Wird der Facialis an seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchschnitten und hierauf die Wurzel des Nerven gereizt, so tritt die Speichelvermehrung gleichwohl ein (Ludwig und Rahn). Die Drüsenzweige gehen also vorher ab, und zwar: 1) durch die chorda tympani für die zwei kleineren Speicheldrüsen (Schiff und Bernard erhielten bei direkter Reizung der blossgelegten Chorda in Katzen Speichelvermehrung in den genannten Drüsen) und 2) durch den petrosus superficialis minor zur Parotis (Bernard). Zwischen dem Ganglion geniculatum des Facialis und dem N. petrosus superf. minor (der die Fortsetzung des Jacobson'schen Nerven des Glossopharyngeus darstellt) liegt beim Menschen ein von Arnold beschriebenes Verbindungsästchen. In dieses gehen die „Speichelnervenfasern" aus dem Facialis über, um durch den petrosus minor und ganglion oticum (des dritten Astes des Trigeminus) zum Ramus auriculo-temporalis und in die Parotis zu gelangen.

Die Beziehungen des Sympathicus zur Secretion sind noch nicht übereinstimmend festgestellt. Nach Ludwig nimmt die Secretion der Submaxillardrüse fast immer zu, wenn der Halssympathicus gereizt wird, und zwar, wie Eckhard beifügt, auch nach Durchschneidung der übrigen Drüsennerven, so dass der Verdacht einer reflectorischen Erscheinung beseitigt sei.

Nach Czermak dagegen wirkt der Sympathicus dem Facialis gegenüber als Antagonist: die durch Reizung des Facialis vermehrte Secretion wird alsbald gemindert, wenn der Sympathicus gleichfalls gereizt wird. Nach Bernard vermehrt die Durchschneidung des Sympathicus, möglichst hoch oben am Hals, die Secretion; die hemmende Wirkung des Sympathicus wäre nunmehr aufgehoben. Demselben Forscher zufolge soll das Venenblut hellroth und in grosser Menge aus der Drüse abfliessen, wenn der Facialis gereizt wird, dunkelroth und in geringer Menge nach Ansprache des Sympathicus.

Die Absonderung der Mundflüssigkeiten erfolgt zwar anhaltend, doch gewöhnlich nur in mässigem Grade. Bestimmte Einwirkungen vermehren dieselbe bedeutend, und zwar in der Regel auf reflectorischem Wege. Die Hauptursachen sind:

1) Reizung der Geschmacksnerven (Glossopharyngeus und (?) lingualis Trigemini) durch in die Mundhöhle eingebrachte Geschmacksstoffe. Die Reizung wird reflectirt auf die Drüsenzweige des Facialis.

Mechanische Reizungen des centralen Theils des Glossopharyngeus vermehren, nach Ludwig und Rahn, die Secretion ebenfalls; während diess nicht mehr geschieht nach Ausziehung des Facialis aus der Schädelhöhle, obschon der Trigeminus unversehrt bleibt.

2) Reizungen der Tastnerven (Trigeminus) der Mundhöhle, z. B. mit scharfen (nicht eigentlich schmeckbaren, s. Abschnitt XXII) Stoffen. Dasselbe geschieht nach Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Lingualis (Bernard).

3) Einbringen von Speisen in den Magen, selbst direkt durch eine Magenfistel (Frerichs). Reflexe innerhalb des Sympathicus?

4) Wahrnehmung bestimmter Gerüche.

Ausserdem können auch Muskel-Bewegungen die Speichelsecretion vermehren; so besonders Kaubewegungen und Sprechen (die kleine Portion des Trigeminus versorgt die Kaumuskeln), sowie die dem Brechakt vorhergehen-

den, mit Ekelgefühl verbundenen unordentlichen Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes. Die Vorstellung von Speisen, besonders bei Hungernden, vermehrt die Secretion plötzlich; gewisse Mittel, namentlich Mercurialia, welche Affectionen der Mundorgane setzen, anhaltend und oft in enormem Grade.

185. Wirkungen der Mundflüssigkeit.

Sie befeuchtet die Mundhöhle, verhütet dadurch das Trockenwerden ihrer Wandungen und unterstützt das Schmecken. Die der Verdauung angehörenden Wirkungen sind vorzugsweis 1) Lösung von im Wasser löslichen Stoffen, 2) Einspeichelung, namentlich der trockenen Speisen vor dem Abschlucken; 3) Umsetzung des unlöslichen Stärkemehls ($C_{12}H_{10}O_{10}$) in das isomere, aber lösliche Dextrin und Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) (Leuchs), eine Wirkung, die übrigens diesem Verdauungssaft nicht allein zukommt. Der Ohrspeichel hat keine umsetzende Kraft (Lassaigne), wohl aber die gesammte Mundflüssigkeit, oder das Secret der zwei kleinen Speicheldrüsen im Verein mit dem Mundschleim (Bidder und Jacubowitsch), namentlich aber der Speichel des mercuriellen Speichelflusses (Kölliker und H. Müller). Siedhitze beschränkt die Umsetzung nicht. Die übrigen Nährstoffe erleiden keine chemischen Veränderungen.

186. Magensaft.

Die Magensecrete sind zweierlei: 1) Schleim, gebildet in den Schleimdrüschen des Magens, sowie durch Abstossung und theilweise Auflösung der Epitelzellen der Schleimhautoberfläche. Wenn das Organ leer ist, so überzieht immer eine dünne Schleimschicht die alsdann blassrothe Schleimhaut. 2) Magensaft. Secretionsorgane sind die von Sprott-Boyd entdeckten Labdrüschen. Der Saft ist dünnflüssig, fast farblos, an sich ohne Formelemente (einzelne Labzellen aus den Drüschen sind häufig beigemischt), von säuerlich salzigem Geschmack. Er widersteht der Fäulniss sehr lange (Spallanzani) und wird durch Kochen nicht getrübt. Die Reaction ist sauer, bei Fleischfressern jedoch viel mehr als bei Pflanzenfressern, in Folge der Anwesenheit freier Salzsäure (Prout). Das specifische Gewicht ist 1002,5 im Menschen und 1005 im Hunde, dessen an festen Bestandtheilen reicherer Saft sehr viel stärker sauer reagirt. Nach Bidder und C. Schmidt enthält der menschliche Magensaft bloss etwa $^1/_2$ Procent Fixa, und zwar pro mille: Pepsin 3, freie Salzsäure 0,2, und Mineralbestandtheile 2 (Verbindungen von Alkalien und Erden mit Chlor und etwas Phosphorsäure). C. Schmidt zeigte, dass der Magensaft viel grössere Chlormengen enthält, als Basen vorhanden sind, um diese zu sättigen.

Der Magensaft wird am besten gewonnen mit Hülfe von Magenfisteln. Diese können zufällig entstehen, z. B. durch Verwundung des Magens (ein Fall der Art wurde zuerst von dem nordamerikanischen Arzt Beaumont wissenschaftlich benutzt); Blondlot legte die ersten künstlichen Magenfisteln an durch Abschnüren eines Stückes Magen. Das Abgeschnürte wird schnell brandig und die Umgebung verheilt mit der Bauchwunde. Auffallend ist die geringe Gefährlichkeit der Operation beim Hunde. In die Fistelöffnung wird eine Röhre eingesetzt, aus welcher der Magensaft in einen damit verbundenen Behälter abfliesst.

187. Secretion des Magensaftes.

Das leere Organ sondert keinen Magensaft ab, oder nur zufällige geringe Mengen, dagegen beginnt die Secretion schnell und ausgiebig nach Einbringen von Speisen in den Magen. Grössere Hunde sollen nach Bidder und Schmidt in 24 Stunden eine Magensaftmenge von nicht weniger als $^1/_{10}$ (?) ihres Körpergewichtes bilden; diess würde für den Menschen etwa $6^1/_2$ Kilogrammen ergeben, eine jedenfalls zu hohe Zahl.

Dass die Absonderung unter dem Einfluss des Nervensystems steht, ist unzweifelhaft; jedoch sind die Nervenwirkungen viel weniger gekannt als bei der Speichelbildung. Die gewöhnlichste Ursache der Secretion ist unmittelbare Reizung der Magenschleimhaut, welche zugleich blutreich wird und anschwillt. Als Erreger wirken vor Allem die eingebrachten Nahrungsmittel, sowie Gewürze; ja selbst mechanische Reize, z. B. Steinchen, rufen, namentlich in hungernden Thieren, gewisse Secretmengen hervor.

Offenbar liegen hier Reflexwirkungen vor; die Nervenbahnen und Reflexcentren sind aber unbekannt. Man vermuthet jedoch, dass der Sympathicus bei der Secretion direkt betheiligt sei, indem die Durchschneidung der N. n. vagi am Halse den Magensaft nicht wesentlich verändert (Bidder und Schmidt), wohl aber nach Pincus, ihre Durchschneidung im Foramen oesophageum, bis zu welcher Stelle der Nerv zahlreiche sympathische Fasern aufgenommen hat. Vollkommen unerklärlich ist die Abhängigkeit der Grösse und Qualität der Absonderung von der Beschaffenheit des Mageninhaltes; bei schwerlöslichen Substanzen z. B. ist der Magensaft besonders reichlich und saurer als gewöhnlich.

Ausserdem können Vorstellungen auch auf diese Absonderung wirken. Bidder und Schmidt hielten einem hungernden Thier Speisen vor, worauf aus der Fistelöffnung alsbald Magensaft auslief. Heftige Gemüthsbewegungen sind im Stand, die Magenverdauung (Secretion des Saftes?) vollständig zu stören.

188. Peptone.

Die verdauende Kraft des Magensaftes bezieht sich ausschliesslich auf die Eiweisskörper, die fertigen Leimsubstanzen (Knorpel- und Knochenleim) und die leimgebenden Gewebe (Bindegewebe, Knochen u. s. w.). Die unlöslichen Eiweisskörper werden gelöst und zugleich, sammt den schon in löslicher Form eingebrachten, chemisch verändert, jedoch mit Beibehaltung ihrer früheren elementaren Zusammensetzung. In diesem verdauten Zustand, als sog. Peptone (allerdings nichts weniger als chemisch wohl charakterisirte Körper) reagiren sie sauer, die Eiweisspeptone gerinnen nicht mehr in der Hitze, die Leimpeptone erstarren nicht zur Gallerte beim Erkalten (nach Mulder und Meissner soll jedoch der Leim durch Magensaft nicht verändert werden); von vielen Substanzen, z. B. Gerbsäure, gewissen Metallsalzen, mit denen sie vorher Niederschläge bildeten, werden sie nicht mehr präcipitirt; in Wasser sind sie sehr leicht löslich geworden. Uebrigens sind die Peptone der einzelnen Eiweisskörper nicht vollkommen gleich (Mialhe, Mulder, Lehmann).

Der Magensaft verdankt seine verdauende Kraft dem Pepsin und der freien Säure. Eberle zeigte zuerst, dass der wässerige Auszug der Magenschleimhaut einen organischen Körper enthält, welcher bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielt. Die Tenacität dieses Körpers ist so gross, dass auch der getrocknete Magen Monate lange benützt werden kann (hergebrachte Anwendung des trockenen Laabmagens der Wiederkäuer zur Gerinnung des Caseins der Milch). Schwann isolirte einigermassen dieses von ihm als specifisch erkannte „Verdauungsprincip“, das er Pepsin nannte, und überzeugte sich von seiner verdauenden Wirkung.

Das Pepsin ist eine weisse Substanz, stickstoffhaltig, leicht löslich in Wasser; durch Kochen wird es nicht ausgefällt, verliert jedoch seine verdauende Kraft, durch Alkohol wird es niedergeschlagen, ist aber dann noch in Wasser löslich und wirksam. Aus wässerigen Lösungen wird es niedergeschlagen durch viele Metallsalze.

Keine Bereitungsweise vermag ein reines, unter allen Umständen gleichartiges Präparat herzustellen. Eiweiss oder Peptone u. s. w. sind immer beigemischt. Man stellt das Pepsin dar 1) aus (filtrirtem) Magensaft durch Zusatz von rectificirtem Weingeist im Ueberschuss (Payen). Der Niederschlag hält, ausser Pepsin, kleine Mengen Eiweiss und Schleim. Der Niederschlag wird wieder mit Wasser behandelt, wobei letztere Substanzen ungelöst bleiben. Das gelöste Pepsin wird durch Alkohol abermals gefällt und bei mässiger Wärme getrocknet. 2) Aus der Magenschleimhaut (Schwann, Wasmann u. A.). Der wässerige Auszug der letzteren wird mit essigsaurem Blei gefällt, der erhaltene Niederschlag (Bleiverbindung des Pepsins) ausgewaschen, mit Wasser versetzt und durch Schwefelwasserstoff zerlegt. Es bildet sich unlösliches Schwefelblei; das wiederum gelöste Pepsin wird mit Alkohol ausgefällt.

Spallanzani stellte zuerst in umfassender Weise Versuche mit Magensaft ausserhalb des Körpers an. Man benutzt dazu 1) den Magensaft selbst; 2) den Wasserauszug der Magenschleimhaut, angesäuert mit etwas Salzsäure (sogenannte künstliche Verdauungsflüssigkeit). Die Salzsäure kann auch durch Essigsäure u. s. w. vertreten werden. 3) Angesäuerte Pepsinlösung, selbst von sehr bedeutenden Verdünnungen. Als zu verdauende Stoffe sind besonders tauglich Stückchen von Fleisch und geronnenem Eiweiss. Die Körperwärme beschleunigt die Auflösung der Stoffe.

Endlich kann man die Substanzen im Magen selbst verdauen lassen, am besten eingeschlossen in kleinen durchlöcherten Röhrchen, die man durch die Fistelöffnung einbringt.

189. Speciellere Bedingungen der Wirkung des Magensaftes.

Zur Verdauung ist unerlässlich das Zusammenwirken der freien Säure und des Pepsins. Die Säure für sich reicht nicht aus (Eberle), ebensowenig das Pepsin allein. Nach Neutralisirung der Säure des Magensaftes, oder in nicht angesäuerter Pepsinlösung, werden die Eiweisskörper nicht verdaut, und gehen bald in Fäulniss über. Andererseits hat der Magensaft, als Combination beider Substanzen, das Vermögen, in Körpern, die zu faulen beginnen, den Process zum Stillstand zu bringen und dieselben aufzulösen (Spallanzani).

Das Verhältniss zwischen Pepsin- und Säuremengen kann innerhalb ziemlich breiter Grenzen schwanken, jedoch ist bei einem bestimmten Verhältniss die verdauende Kraft am grössten (Schwann). Bei sonst gleichen Pepsinmengen hat der rohe Kleber viel weniger Säure nöthig, als das Eiweiss und Legumin (Koopmans und Brücke).

Eine bestimmte Menge Magensaft vermag nur eine bestimmte Menge Eiweisskörper zu lösen; nach Zusatz von Säure werden aber weitere Mengen ge-

löst (Wasmann). 100 Theile Magensaft des Hundes z. B. lösen durchschnittlich etwa 2--5 Theile geronnenes Eiweiss; mit anderen Worten: kleine Pepsinmengen verdauen verhältnissmässig grosse Mengen Eiweisskörper. Aufgehoben wird die Wirkung des Magensaftes durch eine grosse Anzahl von Zusätzen, z. B. Mineralsäure, kaustische Alkalien, Alaun, viele Metallsalze, concentrirten Alkohol, Gerbsäure.

Die Gesetze der gewöhnlichen chemischen Affinität machen sich bei der Verdauung der Eiweisskörper nicht geltend, wohl aber bietet das organische Princip im Magensaft mehrere naheliegenden Analogien mit Fermentkörpern, sodass die Magenverdauung in die Kategorie der Gährungsprocesse gestellt werden muss.

190. Magenverdauung im Ganzen.

Während der Magenverdauung findet eine allmälige Entleerung des Organes statt und zwar durch Resorption der an sich löslichen oder der löslich gemachten Stoffe von Seiten der Magenschleimhaut (ohne Zweifel mehr in der Portio pylorica) und durch portionenweises Uebertreiben des Mageninhaltes in den Dünndarm, wo die Massen mit neuen Säften: der Galle, dem Bauchspeichel und Darmsaft in Berührung kommen.

Die ersten Vorläufer der durch den Mund eingebrachten Speisen kommen an Menschen mit Fisteln im oberen Theil des Dünndarmes zwar schon nach $^1/_4$ — $^1/_2$ Stunde durch die Fistelöffnung zum Vorschein (W. Busch); gleichwohl entleert sich der Magen viel langsamer und die Magenverdauung ist meist erst in 3—5 Stunden beendet.

Die Resultate sind: 1) Verdauung der Eiweisskörper, und zwar vielleicht nahezu vollständig, wenn sie in kleinen Mengen in den Magen gelangen; bei grösseren Mengen geht jedenfalls ein namhafter Theil unverdaut in den Dünndarm über. So fanden Tiedemann und Gmelin flüssiges, noch coagulirbares Eiweiss im Dünndarm. 2) Lösung der im Wasser löslichen Substanzen, z. B. viele Salze, Zucker, Gummi. 3) Theilweise Lösung von in Wasser unlöslichen Salzen durch die Magensäure; z. B. Kalksalze, manche Magnesiasalze. 4) Fortsetzung der Speichelwirkung. Bei Amylonhaltiger Nahrung findet sich immer Zucker im Magen (Frerichs); der Magensaft selbst vermag Amylon nicht umzusetzen. Das meiste Amylon geht aber unverändert in den Dünndarm über. 5) Alle übrigen Nährstoffe werden im Magen nicht verdaut, also namentlich die Kohlenhydrate und Fette.

191. Galle.

Wir betrachten nur die fertige Galle an sich und ihre Schicksale im Darmkanal, dagegen deren Absonderungsprocess, die Gewinnungsweise durch die Gallenblasenfisteln u. s. w. erst in Abschnitt XI.

Die Galle ist gelblichbraun bei Fleischfressern, mehr oder weniger grünlich bei Pflanzenfressern; von eigenthümlichem Geruch und bitterem Geschmack; von mässiger Viscosität, die zunimmt beim längeren Verweilen in der Gallenblase; an sich ohne morphologische Bestandtheile, sparsame Epitelzellen der Gallenwege

und Gallenblase abgerechnet (Thiere mit Gallfisteln zeigen immer catarrhalische Reizung der Gallenblase und desshalb grössere Epitelmengen in ihrer Galle). Die Reaction ist schwach alkalisch oder selbst neutral. Das specifische Gewicht der Blasengalle des Menschen beträgt 1026—1032. In der Blase findet übrigens eine bedeutende Resorption, namentlich von Wasser statt; in der That zeigt das durch die Fistelöffnung aus der Blase, ohne Aufenthalt daselbst, Auslaufende eine viel geringere Eigenschwere.

Die Blasengalle des Menschen enthält etwa 10 % Fixa (die Fistelgalle von Thieren 3—5 %), und zwar 1) sehr variable Mengen Schleim; 2) Fette, etwa 1 % (neutrale, verseifte, Cholesterin); 3) unorganische Salze, gegen 1 %, (Kalk, Magnesia, Kali und besonders Natron, Phosphorsäure, Chlor); 4) einen specifischen Farbstoff, etwa $\frac{1}{2}$ %; die gelbe Modification desselben ist ausgezeichnet durch mehrfache Farbveränderungen nach Zusatz von, etwas salpetrige Säure haltender, Salpetersäure. 5) Als die Galle besonders charakterisirend, zu 4—7 %, zwei stickstoffhaltige, an Natron gebundene, gepaarte Säuren, die Strecker näher kennen lehrte: Glycocholsäure und Taurocholsäure (letztere ausgezeichnet durch ihren Schwefelgehalt). Bei Zusatz von Zucker und concentrirter Schwefelsäure färben sich dieselben schön roth (die, mit gewissen Einschränkungen geltende, Pettenkofer'sche Gallenprobe).

192. Beziehungen der Galle zur Verdauung.

Der Erguss der Galle hoch oben in den Darmkanal, und zwar besonders zur Zeit der Darmverdauung selbst, lässt auf den ersten Anblick auf umfassende verdauende Kräfte des Secretes schliessen. Die Erfahrung hat aber das Gegentheil ergeben.

Die Verdauung der Eiweisskörper wird durch die Galle nicht befördert. Im Gegentheil; gelangt dieselbe in abnormer Weise in grösserer Menge in den Magen, so wird die Verdauung daselbst gestört. Dasselbe ist der Fall bezüglich der Verdauung im Dünndarm, wenn abnorme Gallenmengen in diesen sich ergiessen. Zusatz grösserer Gallenmengen zum Magensaft verhindert die Verdauung der Eiweisskörper im Reagensglas. Thiere mit Gallenblasenfisteln, bei denen sämmtliche Galle nach Aussen abläuft, verdauen die Eiweisskörper in regelrechter Weise. Ebensowenig trägt das Secret zur Verdauung anderer Nährstoffe bei; auf Amylon z. B. ist es wirkungslos und die Fäces von Thieren mit Gallenfisteln enthalten keine unverdauten Amylonmassen.

Eine längst gehegte Ansicht, dass die Galle für die Fette im Darmkanal von Bedeutung sei, hat in neuerer Zeit vielfache experimentelle Bestätigungen gefunden. Brodie sah, dass die bei fettreicher Nahrung durch ihren weissen, fettigen Inhalt ausgezeichneten Chylusgefässe, nach Unterbindung des Gallenganges eine blasse, fettarme Flüssigkeit enthielten. Die chemischen Analysen von Bidder und Schmidt bestätigten den auffallend geringen Fettgehalt des Chylus in Thieren mit Gallenfisteln. Ausserdem haben diese Forscher nachgewiesen, dass in den Fäces solcher Thiere über die Hälfte, oft noch viel mehr, der mit der Nahrung aufgenommenen Fettmenge unverändert

zum Vorschein kommt. Dem entspricht auch die Erfahrung, dass der Körper der Gallfistelthiere auffallend arm ist an abgelagertem Fett. Die Galle verändert übrigens die Fette nicht chemisch, sie spielt also auch hier nicht die Rolle eines Verdauungssaftes im engeren Sinn, wohl aber trägt sie, wie im Abschnitt IX. gezeigt wird, zur Resorption der Fette wesentlich bei.

Alle in diesem Paragraphen angeführten Erfahrungen lassen freilich streng genommen nur den Schluss zu: die Galle kann ausfallen beim Verdauungsprocess, nicht aber: die Galle ist, wo sie wirken kann, bedeutungslos. Nach Auschneidung des Pankreas ist die Verdauung keines einzigen Nährstoffes sistirt, und doch läugnet Niemand, dass der Bauchspeichel ein Verdauungssaft sei. Die Rolle des fehlenden Secretes wird irgendwie ersetzt durch andere Secrete. Auffallend ist bei manchen Hunden mit Gallenfisteln das fast instinktmässige gierige Auflecken der Galle, ohne dass dadurch ihre Verdauung gestört zu werden scheint.

Von den supplementären Wirkungen der Galle wären namentlich hervorzuheben: Reizung der Schleimhaut zur stärkeren Secretion (des Darmsaftes? Darmschleimes?) und Bethätigung der peristaltischen Bewegung des Darmes. Uebermässiger Erguss der Galle bedingt in der That Durchfall, gehemmter Erguss dagegen häufig Verstopfung.

193. Bauchspeichel.

Das Secret des Pankreas ist farb- und geruchlos, fadenziehend, ohne morphologische Bestandtheile, stark alkalisch reagirend. Die % Menge der Fixa schwankt bedeutend, nämlich zwischen $1\frac{1}{2}$ bis 6, ja selbst in einzelnen Fällen 10 und noch mehr Procenten; niedere Zahlen begleiten die starke, hohe die sparsame Secretion. Ausser den Mineralbestandtheilen ($\frac{1}{5}$ — 1 %) ist zu nennen ein stickstoffhaltiger Fermentkörper; gerinnbar in der Hitze und fällbar durch Alkohol, ohne jedoch dadurch das Vermögen in Wasser gelöst zu werden, zu verlieren.

Regner de Graaf band in den Wirsung'schen Gang eine Röhre ein und liess das Secret in einem kleinen Behälter sich ansammeln; der erste Fall (1664) einer zu experimentell-physiologischen Zwecken angelegten Drüsenfistel. Permanente Fisteln des Pankreas erzielten Ludwig und Weinmann. Während der Verdauung wird die, sonst blasse Drüse blutreich und ihre Secretmenge nimmt bedeutend zu. Die Angaben über die 24stündige Absonderunggrösse weichen bedeutend von einander ab, sodass eine Mittelzahl vorerst kaum aufgestellt werden kann. Nach Ludwig, Bidder, Kölliker u. H. Müller kommen auf 1 Kilogramm Hund zwischen 38—117 Grammen Saft, diess würde für den Menschen täglich $2\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ (?) Kilogramme betragen. Von Nervenwirkungen auf die Absonderung ist nichts bekannt.

194. Verdauende Kraft des Bauchspeichels.

Die Drüse kann ausgeschnitten werden, ohne dass eingreifende Ernährungsstörungen, oder gar der Tod nothwendig erfolgt. Bei vollständigen Entartungen des Pankreas im Menschen können Verdauungsstörungen ebenfalls fehlen.

Während die meisten früheren Forscher jede Betheiligung des Secretes an der Verdauung der Eiweisskörper läugneten, gelangten neuerdings L. Corvisart und Meissner zu positiven Ergebnissen. Nach Letzterem werden Eiweisswürfel, wenn man sie mit dem (alkalischen) Saft zusammenbringt,

nicht verändert, wohl aber bei schwacher Ansäuerung desselben. Die gleiche Wirkung hat der wässerige Auszug der Drüse eines während der Verdauung getödteten Thieres. Der Dünndarminhalt reagirt freilich nur im obersten Theil des Dünndarmes sauer (196).

Amylon wird schnell umgesetzt in Dextrin und Traubenzucker (Valentin), eine Wirkung, die jedenfalls in Anwendung kommt, da viel unverdautes Amylon in den Dünndarm gelangt. In Fleischfressern, deren Nahrung kein Stärkmehl enthält, ist übrigens die Drüse gehörig entwickelt.

Wird der wässrige Auszug der Drüse (Eberle) oder der Bauchspeichel selbst (Bernard) mit neutralen Fetten geschüttelt, so werden letztere 1) bleibend und noch viel mehr als bei der Galle, in feiner emulsionsartiger Vertheilung erhalten und 2) theilweise in Glycerin und Fettsäuren zerlegt, so zwar, dass die Mischung rasch sauer reagirt (Bernard). Käme diese, im Reagensglas energisch eintretende Fähigkeit des Saftes im Darmkanal zur Wirkung, so müsste die Fettsäure sich mit den vorhandenen Alkalien verbinden. Die Bedeutung des Bauchspeichels für die Fette wird aber bestritten, denn: 1) nach Unterbindung des Wirsung'schen Ganges ist die Fettaufsaugung nicht gehemmt (Frerichs). 2) Der Chylus von Kühen, in denen Colin und Lassaigne Pankreasfisteln und später Fisteln des Ductus thoracicus anlegten, zeigte nahezu denselben Fettgehalt wie bei Thieren ohne Pankreasfisteln. Zudem wird Bernard's Behauptung, die Fäces solcher Thiere seien ungewöhnlich fettreich, bestritten. 3) Es finden sich keine verseiften Fette in namhafteren Mengen im Darm und Chylus. (Bidder und Schmidt).

Trotz dieser gewichtigen Erfahrungen ist wenigstens ein Antheil des Bauchspeichels bei der Fettaufnahme nicht vollständig widerlegt. Letzteres wird erst dann der Fall sein, wenn nachgewiesen ist, dass bei Ausschluss des Bauchspeichels keine vermehrte Secretion der Galle erfolge.

195. Darmsaft.

Die Darmschleimhaut bildet, ausser Schleim, ein specifisches Secret: den Darmsaft. Dieser ist vorzugsweise das Produkt der schlauchförmigen Drüschen des Dünndarms, in geringem Grade auch des Dickdarms. Das Secret der Brunner'schen Drüsen des Duodenums ist nicht näher bekannt.

Der Darmsaft ist farblos, viscös, stark alkalisch; er enthält Epitelzellen der Darmdrüschen beigemischt. Die Menge der Fixa beträgt 2—3½ %, darunter eine nicht näher gekannte organische, durch Alkohol fällbare, in Wasser aber wieder lösliche Substanz. Der Darmsaft wird erhalten 1) in unterbundenen und vorher entleerten Darmschlingen (Frerichs); häufig führt aber dieses Verfahren nicht zum Ziel. 2) Durch Anlegung einer Darmfistel (Bidder und Schmidt). Das Auslaufende ist natürlich vermischt mit einer Anzahl fremder Säfte. Die Menge des Secretes ist nicht entfernt zu schätzen.

Die verdauenden Wirkungen des Darmsaftes werden studirt: 1) ausserhalb des Körpers, 2) in Darmschlingen, 3) durch Einbringen von in Röhrchen eingeschlossenen Speisen, durch die Fistelöffnung, unter Umständen nach Unterbindung des Duodenum, um reinere Resultate zu erhalten (Bidder und Schmidt).

Abgesehen von der auch hier sich wiederholenden Emulsionirung der Fette, ist hervorzuheben die Umwandlung des Amylon in Zucker (Frerichs), ganz vorzugsweise aber die vollständige Auflösung der Eiweisskörper (Bidder und Schmidt). Diese wichtige Wirkung (nach Kölliker käme sie nur dem Darmsaft der Fleischfresser zu) zeigt zunächst der möglichst reine Darmsaft, sie wird aber durchaus nicht aufgehoben durch das Hinzutreten der anderen Verdauungssäfte.

196. Inhalt des Nahrungsschlauches.

Jeder Abschnitt des Apparates ist, vermöge der ihm eigenthümlichen Secretionen, charakterisirt durch bestimmte Thätigkeiten. Letztere setzen sich aber eine gewisse Strecke nach abwärts fort, weil die Secrete selbst, sammt den Speisen, in dieser Richtung weiterrücken. In der Mundhöhle ist der Aufenthalt der Speisen nur kurz, namentlich dann, wenn dieselben gehörig verkleinert und befeuchtet eingebracht werden.

Im Magen dagegen weilen sie lange; die Vermischung mit dem Magensaft ist innig; der Inhalt reagirt sauer. Die Reaktion wird (abgesehen von sauren Zufuhren) stärker in Folge der Bildung von Milchsäure aus gewissen Speisen (200), minder sauer beim Abschlucken grösserer Speichelmassen.

Der in den Dünndarm übergetriebene Mageninhalt, bestehend aus einer Mischung ungelöster und gelöster Nahrungsstoffe mit Magensaft, der sogenannte Speisebrei (Chymus), ertheilt dem Dünndarminhalt eine saure Reaktion, an der auch die Gallensäuren Theil nehmen können, welche, durch Verbindung eines Theiles der Magensaftsäure mit dem Natron der Galle, frei werden. Die saure Reaktion nimmt nach abwärts ab, in Folgen von Beimischung alkalischer Säfte. Im Anfang des Ileums ist die Reaktion meist neutral, weiter abwärts, sowie auch im Dickdarm alkalisch. Saure Reaktion findet sich in Folge von Bildung organischer Säuren bei Pflanzennahrung, auch im unteren Abschnitt des Dünndarmes.

Im Blinddarm zeigt der Inhalt schon Spuren von Kothgeruch; eine eigentliche Verdauung findet hier, sowie im Dickdarm, nicht mehr oder nur in sehr geringem Grade, etwa nach kopiösen Mahlzeiten, statt.

197. Fäces.

Der Anfang des Dickdarmes führt wässerige, der Mastdarm dagegen trocknere und in stärkerer Zersetzung begriffene Kothmassen. Die Fäces betragen bei gemischter Kost und mittleren Zufuhrmengen etwa 170 Grammen (60—250) in 24 Stunden, mit ungefähr $^1/_4$ Fixa und $3^1/_2$ — 4% Mineralbestandtheilen. Nur ausnahmsweis kommen Mengen von 300 bis selbst 500 Grammen vor. Bei ausschliesslicher Fleischnahrung ist ihre Menge geringer, bei reiner Pflanzenkost viel grösser. Die Consistenz nimmt zu, in Folge von Wasserresorption, mit zunehmendem Verweilen im Dick- und Mastdarm. Der Geruch rührt nach Valentin vorzugsweis von zersetzter Galle her. Die Reaktion soll häufiger (?) sauer als alkalisch sein.

Die Fäces enthalten 1) schwerlösliche oder unlösliche Bestandtheile von Speisen, z. B. Stücke von Sehnen, Fascien, schwerlösliche Salze (namentlich phosphorsaure Magnesia, zu etwa 70% der gesammten Kothasche; während in neutralen oder alkalischen Fäces der Ammoniakgehalt des Dickdarminhaltes zur Bildung zahlreicher Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia Anlass giebt). Fast ganz fehlen dagegen die leichtlöslichen Salze, z. B. Chlornatrium. 2) Bei sehr reichlichen Zufuhren Fragmente unverdauter Nahrungsmittel, z. B. Muskelfasern, Eiweissstückchen. 3) Etwas Schleim, namentlich von der Mastdarmschleimhaut. 4) Zersetzte Galle. Die Untersuchung der Fäces zeigt, dass der grösste Theil der Galle von der Darmschleimhaut wieder aufgesaugt (Liebig), ein anderer Theil aber mit den Fäces ausgeschieden wird und zwar erleidet nach Frerichs die Galle im Darm dieselben Veränderungen, wie nach Einwirkung von Säuren. Durch Kochen z. B. mit Salzsäure werden die specifischen Gallensäuren zerlegt in Cholsäure und in ihre beiden Paarlinge Taurin und Glykocoll. Die Cholsäure verwandelt sich unter Abgabe von einem Atom Wasser in Choloidinsäure, und diese bei längerem Kochen unter Abgabe von drei Wasseratomen in Dyslysin, einen in Wasser unlöslichen, in Aether löslichen, harzartigen Körper. Im Anfang des Ileums ist bereits etwa die Hälfte der noch vorhandenen Gallensäuren umgewandelt, am Ende desselben ist die Umsetzug gewöhnlich vollendet. Die Fäces enthalten Dyslysin. Zugleich verliert der Gallenfarbstoff seine charakteristische Reaktion gegen Salpetersäure. Die Farbe des Fäces rührt vorzugsweise von dem Gallenfarbstoff her.

198. Gase im Nahrungsschlauch.

Sämmtliche Abschnitte desselben enthalten Gase. Die Quellen sind 1) mit dem Speichel abgeschluckte atmosphärische Luft, 2) Umsetzungen gewisser Nahrungsmittel (200) und 3) höchst wahrscheinlich auch die Blutgase selbst. Wenigstens kann unter Umständen eine abgebundene, vorher sorgfältig leergedrückte Darmschlinge nach einer gewissen Zeit prall mit Gasen gefüllt sein (Magendie). Nach Chevreul und Magendie findet sich im Magen Stickgas, etwas Sauerstoffgas (es scheint schnell resorbirt zu werden) und Kohlensäure (wohl zum Theil vom Blut herstammend), auch kleine Mengen Wasserstoffgas. Im Dünndarm verschwindet der Sauerstoff, während Wasserstoffgas und Kohlensäure zunehmen; das Stickgas wird (absolut) nicht vermehrt, Kohlenwasserstoffgas tritt auf. Letzteres nimmt im Dickdarm zu, wo auch kleine Mengen Schwefelwasserstoffgas (aus dem Schwefel von Eiweisskörpern oder durch Desoxydation schwefelsaurer Salze entstanden) sich vorfinden.

199. Verdaulichkeit der Speisen.

Sie wird besonders durch zwei Charaktere bestimmt. Gut verdaulich sind diejenigen Speisen, welche verhältnissmässig schnell und möglichst vollständig aufgelöst werden; während das Schwerverdauliche längere Zeit in Anspruch nimmt und häufig auch nicht vollständig gelöst wird, indem bestimmte seiner Bestandtheile leichter, andere, und dabei verhältnissmässig viele, schwerer oder nicht

löslich sind. Das Schwerverdauliche, namentlich in grösserer Menge genossen, verursacht, auch dem sonst normal Verdauenden, gewisse Beschwerden. Von Einfluss auf die Verdaulichkeit ist, abgesehen von der chemischen Constitution selbst: 1) die Consistenz; stark geronnenes Eiweiss z. B. wird viel schwerer verdaut als locker geronnenes. 2) Feinheit der Zertheilung. Die Kartoffel z. B. wird in Breiform am besten bewältigt. 3) Die Menge des gleichzeitig genossenen Fettes. Dieses erschwert das Eindringen der Verdauungssäfte; daher z. B. die schwierigere Dauung des Schweinefleisches. 4) Die Pfanzencellulose erschwert, namentlich in den dickeren, älteren Zellen, das Eindringen der Säfte in hohem Grade. Daher wiederum der Nutzen der künstlichen Verkleinerung solcher Substanzen. 5) Die Menge der Speisen. Mässige Mengen werden unverhältnissmässig leichter verdaut, als grosse Speisemassen. Am deutlichsten ist das bei ohnediess schon geschwächter Verdauung. 6) Manche Zusätze: Gewürze, Alkohol in kleineren Mengen, verbessern die Daulichkeit durch stärkere Secretion der Verdauungssäfte. 7) Alles was die Resorption befördert, beschleunigt die Verdauung. 8) Vielfach und oft geradezu unberechenbar ist der Einfluss der Individualität und Gewöhnung. Einzelne Menschen bewältigen Schwerverdauliches sehr leicht und umgekehrt. Solche, die an schwere, die Verdauungsthätigkeit stark in Anspruch nehmende Kost gewöhnt sind, können leichtere Speisen unter Umständen nur langsam verdauen. Von einer absoluten Verdauungsfähigkeit eines Nahrungsmittels kann demnach die Rede nicht sein.

Schwer verdaulich sind z. B. Sehnen, Knorpel, Fett und fettes Fleisch, Käse; gut verdaulich: nicht zu frisches Brod, die meisten Fleischarten, Milch und weiche Eier, Kartoffeln, Leim und viele leimgebende Gewebe.

200. Schicksale der wichtigsten Nährstoffe im Verdauungskanal.

I. Eiweisskörper. Ihre Verdauung beginnt im Magen und wird vollendet im Dünndarm. Manche, wie coagulirtes Eiweiss und roher Kleber werden leicht, andere, wie geronnenes Casein und Eiweiss langsam gelöst. Das gelöste Casein wird im Magen niedergeschlagen (bei Milchgenuss gerinnt das Casein im Magen zu Klümpchen, welche nach und nach gelöst werden; während die Fette der Milch unverändert in den Dünndarm übergehen). Gelöstes Eiweiss wird direkt in Pepton verwandelt.

II. Fette. Sie treten im Magen zu Tropfen zusammen, im Dünndarm werden sie nur emulsionirt, nicht chemisch verändert. Geringe Mengen Fett könnten wohl im unteren Dünndarm verseift werden.

III. Kohlehydrate. Rohrzucker wird nach Bouchardat, Milchzucker nach Lehmann im Magen und Darm in Traubenzucker umgesetzt. Vom Stärkmehl wird eine gewisse Menge schon im Magen (fortgesetzte Speichelwirkung), das meiste aber erst im Dünndarm in Traubenzucker umgewandelt, und zwar gekochtes Stärkmehl viel schneller als rohes. Traubenzucker selbst, sei er als solcher eingeführt oder erst im Darmkanal entstanden, wird zumeist unverändert aufgesaugt, zum Theil aber auch in Milchsäure

und diese wieder in Buttersäure verwandelt, wobei Kohlensäure und Wasserstoffgas sich bilden (2 [$C^6 H^5 O^5$ + HO] d. h. 2 Atome Milchsäurehydrat = $C^8 H^7 O^3$ + HO (Buttersäurehydrat) + 4 CO_2 + 4 H). Daher die saure Reaction des Darminhaltes bei reichlicher Amylonnahrung. Pflanzenschleim wird weder verändert, noch aufgesaugt. Cellulose wird wohl in sehr kleinen Mengen (namentlich in Kartoffeln und zarteren krautartigen Theilen) gelöst; Grasfresser dürften grössere Mengen verdauen und in Zucker verwandeln (?).

IV. Alkohol wird unverändert aufgesaugt (Bouchardat), Pectin weder chemisch verändert, noch aufgesaugt (Blondlot).

V. Salze. Die meisten in unseren gewöhnlichen Zufuhren enthaltenen Salze werden nicht verändert und als solche resorbirt. Die schwer löslichen phosphorsaure Magnesia und Kalkverbindungen werden durch die Magensäure zum Theil gelöst. Organischsaure Salze werden in kohlensaure verwandelt (Buchheim). Die kohlensaure Salze werden zerlegt durch die Salzsäure des Magensaftes und die aus den Amylacea hervorgehende Milchsäure.

C. Mechanische Functionen.

201. Aufnahme von Flüssigkeiten.

Der Mensch benützt: 1) das Saugen. Die Lippen des Säuglings umfassen die Brustwarze, während durch Rückwärtsbewegung der, wie der Stempel einer Saugpumpe wirkenden, Zunge die Luft in der Mundhöhle verdünnt wird. Der auf die Brustdrüse wirkende Luftdruck treibt somit ein Quantum Milch in den luftverdünnten Raum. Zur Bildung des letzteren muss die Nasen- und Pharynxluft, durch die Zunge und das Gaumensegel, abgehalten werden. Das Athmen findet ungestört durch die Nase statt; ist der Mund gehörig mit Milch gefüllt, dann tritt, unter augenblicklicher Unterbrechung der Athembewegungen, eine Schluckbewegung ein.

2) Schlürfen. Die Flüssigkeit wird durch Einathmungen in die Mundhöhle aspirirt, während zugleich Luft mit Geräusch eintritt. Die Langsamkeit der Einverleibung gestattet, dass wir beim Schlürfen besonders genau schmecken.

3) Trinken. Man lässt die Flüssigkeit durch ihre Schwere in die Mundhöhle laufen. Das gewöhnliche Trinken dagegen steht in der Mitte zwischen dem Schlürfen und dem hastigen Eingiessen.

202. Kauen.

Dasselbe bezweckt die Verkleinerung der Speisen und deren Vermischung mit den Mundflüssigkeiten. Die Zerkleinerungen sind den harten, möglichst wenig abnutzbaren Zähnen übertragen. Die breiten Flächen der Backzähne dienen vorzugsweise zum Zerreiben; zum Abbeissen dagegen die meiselförmigen Schneidezähne und, wenn grössere Gewalt nöhig ist, die spitzen Pyramiden der Eckzähne.

Die wichtigste Kaubewegung des Menschen besteht in abwechselndem Entfernen und Anpressen beider Zahnreihen. Die Abwärtsbewegung der Unterkiefers geschieht ohne nennenswerthe Widerstände, durch den Digastricus maxillae und, bei fixirtem Zungenbein, durch die von letzterem zum Unterkiefer abgehenden Muskeln. Die Aufwärtsbewegung dagegen wird ausgeführt von kräftigen Muskeln, reichlich innervirt von der portio motoria des Trigeminus (Temporalis, masseter, pterygoideus internus). Die mechanische Leistung derselben kann sehr gross sein, z. B. Aufknacken von Aprikosensteinen.

Die Kaubewegungen dürfen jedoch nicht bloss einseitige Ginglymusbewegungen sein. Dem Unterkiefer des Menschen sind noch möglich: 1) Seitenbewegungen, beide pterygoidei ziehen den Knochen nach der entgegengesetzten Seite; 2) Vorwärtsbewegungen, vorzugsweis durch die pterygoidei externi beiderseits; 3) Rückwärtsbewegungen, durch die innere Schicht der Masseteren und die hinteren Temporalisfasern. Endlich als Componente der genannten Bewegungen: 4) Kreisbewegungen, indem die Condylen des Unterkiefers längs der Peripherie der Gelenkhöhlen sich bewegen. Reine Seitenbewegungen, oder deren Combinationen mit Auf- und Abwärtsbewegungen des Kiefers kommen häufig vor.

Diesen Forderungen konnte nur entsprochen werden durch specielle Einrichtungen des, eine Articulation eigenthümlicher Art darstellenden, Unterkiefergelenkes. Die Höhle besteht aus einer Grube und dem vor dieser gelegenen Tuberculum articulare. Der die Höhle nicht ausfüllende Gelenkkopf hat annähernd eine Walzenform. Der im Gelenkraum verlaufende Zwischenknorpel schmiegt sich bei allen Stellungen des Gelenkkopfes an letzteren an. Der Gelenkkopf bewegt sich somit in einer zunächst nur vom Zwischenknorpel gebildeten, variabeln Pfanne.

Der Kopf steht in der Grube, wenn beide Zahnreihen sich berühren, oder bei nur geringen Abwärtsbewegungen des Unterkiefers. Letzterer rotirt dann um eine Axe, die durch seine beiden Condylen von rechts nach links gezogen und annähernd als konstant betrachtet werden kann. Aber bei nur etwas stärkerem Senken des Unterkiefers findet zugleich ein Vorwärtsziehen des Gelenkkopfes in der Gelenkhöhle durch beide pterygoidei externi statt, d. h. der Kopf rutscht auf der schiefen Fläche des Tuberculum articulare nach vorwärts und abwärts. Die Drehaxe schneidet beide Aeste des Unterkiefers etwa in einem Punkt, der in der Mitte liegt zwischen der Incisura sigmoidea und dem Winkel des Knochens. Uebrigens ist die Axe nicht konstant im Verlauf der Bewegung. Man kann sich vor dem Spiegel leicht überzeugen, dass der Kiefer beim Oeffnen etwas nach vorn, beim Schliessen nach rückwärts gezogen wird.

Die Zunge, das beweglichste Organ des Körpers, schiebt beim Kauen die Bissen zwischen die Zahnreihen, eine Aufgabe, welche durch die Fasern des stratum longitudinale vermittelt wird. Gleichen Zwecken dienen die Backenbewegungen.

203. Abschlucken.

Man zerlegt den Vorgang in 4 Akte:

I. Beförderung des Bissens zwischen und hinter die vorderen Gaumenbögen. Die Mundhöhle wird verkleinert durch Andrücken des Unterkiefers an den Oberkiefer; sodann die Zunge dem harten Gaumen genähert und der Bissen dadurch rückwärts geschoben.

II. Eintreibung in den Schlund. Dieser complicirte Akt ist besonders von Dzondi und von Bidder untersucht worden. Die Zungenwurzel erhebt

sich (m. styloglossi und mylohyoidei, letztere als Abflacher des Bodens der Mundhöhle). Dadurch, und unter Beihülfe der M. m. glossopalatini, welche den Bissen von beiden Seiten fassen, wird derselbe auf der schief nach abwärts und rückwärts gerichteten Zungenwurzel in den unteren Theil des Schlundes gedrückt, der sammt dem Zungenbein und Kehlkopf erhoben wird und dadurch dem Bissen entgegenkommt. Es muss aber verschlossen werden: 1) der Weg nach rückwärts, und zwar durch Anlegen der Zunge an den harten Gaumen und mittelst Näherung der vorderen Gaumenbögen (m. m. glossopalatini); 2) der Weg in den oberen Theil des Schlundes und die Choanen. Das Gaumensegel wird erhoben und gespannt durch die levatores und tensores palati; dadurch wird es ein Punctum fixum für die m. m. pharyngopalatini. Contrahiren sich letztere, so nähern sich die hinteren Gaumenbögen vorhangartig und schliessen, sammt dem zwischen ihnen liegenden Zäpfchen, den oberen Theil des Schlundes ab. Die durch die hinteren Gaumenbögen gebildete Wand giebt dem Bissen nach, indem sie durch denselben nach rückwärts und aufwärts geschoben wird. 3) Der Weg in den Kehlkopf wird verlegt. Das Zungenbein wird nach auf- und vorwärts gezogen (genio- und mylohyoideus, vorderer Bauch des digastricus). Dadurch und mit Beihülfe der hyothyreoidei folgt der Kehlkopf nach in derselben Richtung, so dass der Kehldeckel zurückgeklappt wird. Gleichzeitig wird auch die Stimmritze durch ihre Verengerer geschlossen.

III. Fortbewegung des Bissens durch den unteren Theil des Schlundes, vermöge der Contraction des mittleren und unteren Constrictors des Pharynx.

IV. Fortbewegung durch die Speiseröhre, durch successive Contraction der Ringfasern derselben. Die dem organischen Systeme angehörende Muskulatur der Speiseröhre erhält ihre Nerven vom Sympathicus und accessorius. Letztgenannte Fasern verlaufen in der Vagusbahn. Nach Durchschneidung der Vagi am Hals wird der untere Theil der Speiseröhre gelähmt und durch die Speisen ausgedehnt. Daher rührt das manchmal nach dieser Operation vorkommende Erbrechen.

Das Abschlucken geschieht willkürlich, jedoch nur als associirte Gesammtbewegung. Die meisten Einzelbewegungen haben wir nicht in der Gewalt, vom 2. Akt an. Ist letzterer eingeleitet, so folgen die übrigen unaufhaltsam nach. Grosse Bissen werden schwieriger abgeschluckt; bei sehr kleinen, z. B. Pillen, oder beim leeren Schlucken haben öftere Wiederholungen der Bewegungen grosse Schwierigkeiten.

204. Magenbewegungen.

Während der Verdauung bietet der Magen: 1) Formveränderungen. Sein Volum nimmt bedeutend zu, jedoch nicht gleichmässig; die Pylorushälfte z. B. weniger als die Cardiahälfte. 2) Lageveränderungen. Die grosse Krümmung ist mehr nach vorn, die kleine mehr nach rückwärts gerichtet.

Die dicken Muskelmägen vieler körnerfressenden Vögel sind bedeutender mechanischer Wirkungen fähig (Réaumur, Spallanzani). Der Magen des

Truthahnes vermag z. B. Blechröhrchen, die erst durch ein aufgelegtes Gewicht von etwa 80 Pfd. gebogen werden, in 1 — 2 Tagen platt zu drücken. Die dünnwandigen Mägen dagegen pressen ihren Inhalt verhältnissmässig nur wenig, wobei sie denselben zugleich langsam hin- und herbewegen und dadurch der Wirkung des Magensaftes zugänglicher machen. Ein durch die Oeffnung einer Magenfistel eingebrachtes Stäbchen zeigt nach Beaumont regelmässige Rotationen, aus welchen Derselbe auf eine Bewegung des Mageninhaltes längs der grossen Curvatur von links nach rechts und entlang der kleinen Curvatur von rechts nach links schliessen möchte. Eine solche Rotation soll angeblich 1 bis 3 Minuten in Anspruch nehmen.

Im Verlauf der Magenverdauung öffnet sich der Pförtner von Zeit zu Zeit, wodurch der sog. Speisebrei portionenweis in den Zwölffingerdarm gelangt. Nach Durchschneidung der Vagi am Hals ist die Magenbewegung nicht gestört; dieselbe wird demnach beherrscht vom Sympathicus.

205. Darmbewegungen.

Betrachtet man nach Eröffnung der Bauchhöhle eine bestimmte Stelle des Darmes, so bemerkt man abwechselnde Verengerungen und Erweiterungen, d. h. Contractionen und Erschlaffungen der Ringfaserschicht. Diese zeigen jedoch sowohl in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge, als dem Grade nach, grosse Verschiedenheiten. Immer ist dieses Wechselspiel gleichzeitig an vielen Stellen des Darmes vorhanden, daher der Name: wurmförmige, peristaltische, Bewegung. In Pflanzenfressern ist die Erscheinung viel lebhafter als in Fleischfressern; das Kaninchen z. B. zeigt eine sehr lebhafte, der Hund eine sehr schwache Peristaltik.

Der Luftreiz in Folge der Eröffnung der Bauchhöhle, namentlich aber die Hemmung der Blutzufuhr zum Darm (Schiff), also z. B. die Unterbindung der Aorta, verstärkt die Bewegung bedeutend und breitet sie über den ganzen Darm aus. Bei abgemagerten Individuen, namentlich Kindern, dessgleichen an Darmparthien in grossen Bruchsäcken, kann die Peristaltik durch die Bauchdecken sichtbar und fühlbar werden. Ihre mechanische Wirkung besteht in einer langsamen Abwärtsbewegung des Darminhaltes. Der Dickdarm bietet analoge, jedoch minder lebhafte Erscheinungen.

Die Bauhin'sche Klappe zwischen Dünn- und Dickdarm giebt nach gegen letztern, während ihre beiden Klappen sogleich schliessen, wenn die im untersten Theil des aufsteigenden Dickdarmes befindlichen Massen einen Druck erleiden. Dadurch wird das Zurückweichen der Fäces verhütet.

Die Nerven des Darmkanals gehören dem Sympathicus an; der plexus mesaraicus inferior versorgt den absteigenden Dickdarm und Mastdarm; der plexus mesaraicus superior den ganzen übrigen Darmkanal.

Die Peristaltik dauert fort auch nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes, sowie in dem, sammt seinem Gekrös ausgeschnittenen Darm. Eine Theorie dieser Bewegungen ist noch nicht möglich, wohl aber kennt man eine Reihe von Nervenwirkungen, welche die Peristaltik quantitativ modificiren.

1) *Verstärkung der Peristaltik.* Diese tritt ein nach Reizung des Plexus cöliacus und der mesaraischen Geflechte, unter Umständen in tumultuarischer Weise; viel weniger sicher vom Brusttheil des Grenzstranges (?) aus; ferner nach Reizungen des Rückenmarks und mancher Theile des Hirnes. Nach Reizung der peripheren Stellen der durchschnittenen Vagi von Fleischfressern werden nach Ludwig und Kupffer die gewöhnlich stillestehenden Därme zur Peristaltik bestimmt. Endlich bewirkt unmittelbare Ansprache des Darmes zunächst örtliche Contraction, die aber von der gereizten Stelle aus wellenförmig weiter schreiten und sich, auch nach Aufhören des Reizes, unter Umständen mehrmals wiederholen kann. Die ebenerwähnten Erscheinungen gehören, wie man sieht, den verschiedensten Schemata von Nervenwirkungen an. Ein Theil dürfte der Effekt unmittelbarer Reizung motorischer Fasern sein; ein anderer Theil, z. B. die unmittelbare Ansprache des Darmes, gehört jedenfalls zu den Reflexphänomenen.

2) *Aufhebung der Peristaltik.* Werden in Kaninchen die Nervi splanchnici, oder nach Durchschneidung derselben, deren periphere Stellen mittelst der Schläge der Inductionsmaschine gereizt, so erfolgt nach Pflüger Stillstand der vorher lebhaften Darmbewegungen, und zwar im Zustand der Erschlaffung. Dasselbe ist der Fall nach Reizung des unteren Brusttheiles des Rückenmarkes. Die splanchnischen Fasern entspringen daselbst, treten durch die rami communicantes in den Grenzstrang des Sympathicus, welcher die Nervi splanchnici entlässt.

Pflüger zählt desshalb die Splanchnici zu den sogenannten Hemmungsnerven (115); ihre Erregungen würden übertragen auf die Ganglien des Plexus coeliacus und von da reflectirt auf motorische Darmnerven. Die Splanchnici spielen bei den Darmbewegungen dieselbe Rolle, wie die Vagi bei den Herzbewegungen. Nur Eines fehlt, nach Pflüger, zur vollständigeren Analogie: nach Durchschneidung der Splanchnici wird die Peristaltik nicht stärker. Der Analogie mit den Vagis zufolge müsste erwartet werden, dass nunmehr die Contractionen minder stark, aber häufiger würden. Diese Wirkung bleibt aber vielleicht nur darum aus, weil die Peristaltik vor der Nervendurchschneidung schon zu ihrem Maximum angelangt ist; sowie auch die Puls beschleunigende Wirkung der Vagusdurchschneidung minder deutlich ist in Thieren mit sehr hohen Pulsfrequenzen.

206. Kothentleerung.

Steht der Inhalt des Mastdarmes unter geringer Spannung, was immer der Fall ist, wenn dieser Darm nur wenige Fäcesmassen enthält, so braucht für einen Afterverschluss durch active Contraction der Sphinctermuskeln gar nicht gesorgt zu werden. Die Thätigkeit der letzteren tritt erst ein, wenn die Fäces den Mastdarm stärker ausdehnen und durch ihren Reiz die Peristaltik des letzteren anregen. Dem Drang der Fäces nach abwärts leisten nunmehr der innere Schliessmuskel und der, mit Querstreifungen versehene, dem Willen unterworfene, kräftig wirkende, äussere Schliessmuskel Widerstand.

Bei der Kothentleerung wird der Widerstand des äusseren Sphincters freiwillig aufgegeben, während die Contraction des inneren Schliessmuskels durch die kräftige Peristaltik der Mastdarmmuskulatur überwunden wird. Bei voluminösen und harten Kothmassen wirkt unterstützend und beschleunigend, nachdem durch eine tiefe Einathmung das Zwerchfell nach abwärts gestiegen, der

kräftige Druck der Muskulatur der Bauchwand. Die Levatores ani verhüten während der Defäcation ein zu starkes Abwärtsdrängen des untersten Theiles des Mastdarmes durch die Kothmassen.

IX. Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch und Chylusbildung.

207. Blut- und Lymphgefässresorption.

Die Schleimhaut des Nahrungsschlauches besitzt in ihrem ganzen Verlauf das Vermögen der Resorption in hohem Grade. Diess beweisst schon die schnelle Wirkung diffusibeler Gifte (Blausäure, Nicotin), wenn dieselben auf die Zunge gebracht werden, oder die Wirkung der in Klystierform in den Körper einverleibten, von der Mastdarm- und Dickdarmschleimhaut aufgesaugten Arzneimittel.

Die Speisen und Getränke werden aber nur da resorbirt, wo sie längere Zeit verweilen, d. h. im Magen und Dünndarm. Ausserdem gelangen die sehr kopiösen Verdauungssäfte, welche die Zufuhren an Masse beträchtlich überwiegen, zur Aufsaugung. Diesen Massen gegenüber erscheint die resorbirende Thätigkeit der Magen- und Dünndarmschleimhaut um so energischer, als dieselbe nur periodisch in Wirksamkeit tritt.

Dem Inhalte des Nahrungsschlauches stehen bei seinem Uebergang in die Säftemasse zwei Wege offen: die Blut- und die Chylusgefässe. Ohne Zweifel ist kein einziger Bestandtheil des Speisebreies auf den einen oder anderen dieser Wege ausschliesslich angewiesen. Doch scheinen die Salze, Kohlenhydrate (Zucker?), Alkohol, (auch die Gifte) bei der Blutgefässresorption begünstigt zu sein, während die quantitativ jedenfalls viel geringere Chylusgefässresorption die Fette (ausschliesslich? oder doch fast vollständig) sowie die Eiweisskörper bevorzugt.

Die Unterbindung der Blutgefässe einer, mit resorbirbaren Substanzen gefüllten, oben und unten abgebundenen Darmschlinge, zur Ermittelung der Stoffe, die der jetzt vermeintlich freien Chylusresorption anheimfallen, ist (42) im Princip falsch. Die viel vorwurfsfreiere Unterbindung der Chylusgefässe, mit Offenhalten der Blutgefässe, liefert den Beweis, dass die Blutgefässresorption bei weitem überwiegt. Die Analyse des Chylus zeigt unwiderleglich, dass die Chylusgefässe das Fett vorzugsweise resorbiren. Die dann und wann zu Schlüssen über die Blutgefässresorption benützte Analyse des Darmvenenblutes lehrt nichts: denn 1) während der Verdauung verändert sich die Blutmasse selbst, also auch das dem Darm zuströmende Blut (grösserer Fett- und Zuckergehalt u. s. w.) und 2) die Darmarterien geben Stoffe ab zur Bildung des Darmsaftes u. s. w., so dass selbst die Vergleichung des Blutes der Arteriae und Venae mesaraicae für unseren Zweck unstatthaft erscheint.

208. Allgemeine Normen der Resorption im Nahrungsschlauch.

Die Stoffe werden nicht in jeder beliebigen, sondern von jedem einzelnen nur gewisse Mengen aufgesaugt; das Zuviel kommt in den Fäces zum

Vorschein. Boussaingault bewies zuerst den Satz, durch Bestimmung der Maximalmengen resorbirbaren Fettes beim Stopfen von Enten.

Die Medicamente sollten dem Magen nur in solchen Dosen einverleibt werden, welche resorbirbar sind. Das Zuviel kann durch seine örtlichen Wirkungen auf die Schleimhaut schaden. Die Eisenmittel z. B. werden selbst in der üblichen täglichen Dosis von nur wenigen Granen bei weitem nicht vollständig aufgenommen.

Je grösser die Concentration, desto mehr wird in gleichen Zeiten resorbirt, wie Becker an Zucker- und Funke an Eiweisspeptonlösungen zeigten. Zunahme der absorbirenden Fläche soll die Stärke der Resorption nicht wesentlich vergrössern (Becker).

Von dem Inhalt einer abgebundenen Darmschlinge wird zu Anfang des Versuchs viel mehr resorbirt als später (Becker), offenbar zum Theil in Folge der allmälig abnehmenden Concentration des Inhaltes. Im Verlaufe der Verdauung dürften dagegen die Concentrationen des jeweils flüssigen Theiles des Speisebreies weniger variiren.

209. Resorption der löslichen Bestandtheile.

Die Eiweisskörper sind mit geringer Endosmosengeschwindigkeit begabt; die Eiweisspeptone dagegen werden leicht resorbirt, und zwar ein Theil derselben bereits im Magen. Brachte Funke Eiweisspeptone in unterbundene Darmschlingen, so erfolgte ihre Resorption sehr viel rascher, als bei gewöhnlichem Eiweiss. In der Säftemasse wandeln sich die Peptone wieder zu gewöhnlichen Eiweisskörpern um; die Peptonbildung dient also dazu, die Eiweisskörper resorbirbarer zu machen, sowie auch, gewisse Unterschiede derselben auszugleichen, indem die Zahl der im Blut vorkommenden Arten von Eiweisssubstanzen viel geringer ist, als die in der Nahrung eingebrachten.

Die Kohlenhydrate verfallen der Resorption, insofern sie sich in Traubenzucker, der ziemlich rasch aufgesaugt wird, umwandeln. Für den in das Blut aufgenommenen Zucker giebt ersteres Wasser ab in das Darmrohr. Daraus, sowie aus den im vorigen Paragraphen angeführten Thatsachen schliesst Becker, dass der Vorgang ein unmittelbares Beispiel eines einfacheren, d. h. nicht durch eine Reihe organischer Nebeneinrichtungen verdeckten, endosmotischen Processes sei. Gewisse proportionalen Zuckermengen, namentlich bei grösseren Zufuhren, setzen sich um in organische Säuren (200); diese, sammt ihren Salzen, sind leicht resorbirbar. Für die unorganischen Salze hat Liebig schon längst angenommen, dass bei ihrer Resorption einfachere Endosmosengesetze durchgreifen. Nach Buchheim und Wagner wirken Mittelsalze mit höherem endosmotischen Aequivalent (37), stärker abführend; nach Funke wird von concentrirteren Kochsalzlösungen mehr Salz aufgesaugt, als von verdünnteren.

Das Wasser wird in grossen Quantitäten resorbirt; aus der Ausscheidung desselben durch die Nieren (259) lässt sich wenigstens der allgemeine Gang der Erscheinung erkennen.

Funke schliesst aus der Energie der Wasserresorption auf Blutbestandtheile, welche das Wasser kraftvoll anziehen. Er theilt dem Eiweiss diese Rolle zu, und

zwar wegen dessen hohen endomotischen Aequivalentes. Die attrahirenden Kräfte sind aber offenbar in die Blutkörperchen zu verlegen, welche Wasser so begierig aufnehmen. Geht aus dem Nahrungsschlauch Wasser über in das Blut der der Capillare, so müssen sogleich die Körperchen der verdünnten Blutflüssigkeit Wasser entziehen und diese zur Aufnahme von neuem Wasser befähigen. Für die Permanenz des Vorganges sorgt die entsprechende Wasserabgabe in die Sekretionen, Gewebssäfte u. s. w., wodurch indirekt wiederum den Körperchen Wasser entzogen wird.

210. Fettresorption.

Die neutralen Fette werden als solche resorbirt, und nicht etwa vorher durch Verseifung (200) löslich gemacht. 4—5 Stunden nach Aufnahme grösserer Fettmengen enthalten die stark injicirten Chylusgefässe des Darmes einen weisslichen, aus zahlreichen kleinen Fetttröpfchen bestehenden Inhalt. Dessgleichen sind die Hohlräume der Darmzotten, sowie deren Cylinderepitelialüberzüge dicht erfüllt mit feinsten Fetttröpfchen. Die eine bedeutende Vergrösserung der resorbirenden Fläche des Darmes darstellenden Zotten betheiligen sich somit nicht bloss bei der Blutgefässresorption, wodurch sie vermöge ihres reichen Capillarnetzes befähigt sind, sondern sie stellen auch vorzugsweis die Wege dar, welche das Fett einschlägt, um aus dem Darmrohr in die Chylusgefässe zu gelangen. Diese Wege selbst sind noch nicht vollständig gekannt, d. h. der feinste Bau der Zottenepitelien und die Kanäle, durch welche das Fett aus letzteren in die centralen Hohlräume der Zotten eindringt, obschon sie in neuester Zeit Gegenstand vielfacher Untersuchungen waren (von E. H. Weber, Brücke, Funke, Kölliker u. A.).

Mehrere Verdauungssäfte haben das Vermögen, die Fette in den, für die Resorption geeigneteren Zustand feinster Vertheilung überzuführen. Ferner ist Thatsache, dass die Galle für eine gehörige und energische Fettresorption unerlässlich ist (192). Die Schleimhaut des Darmes imbibirt sich leicht mit Galle und wird dadurch befähigt, Fetten leichter den Durchgang zu gestatten. Die speciellere Wirkung der Galle aber ist noch nicht genügend erkannt.

Wistinghausen stellte Endosmosenversuche an, mit Oel einer- und Galle andererseits. Er fand, dass gewisse Oelmengen durch die Endosmosenmembran zur Galle übergingen. Tauchte er Capillaren, deren Wände vorher entweder mit Wasser, oder mit Galle befeuchtet waren, in Oel, so stieg letzteres in den mit einer Gallenschichte überzogenen Röhrchen viel höher. Die Galle äusserte somit eine gewisse mechanische Attraction auf die Fette. Die von Lacauchie entdeckten Verkürzungen der Darmzotten dürften für das Weitertreiben, namentlich der im Zottenhohlraum befindlichen Fette, von Wichtigkeit sein. Brücke hat in der Längsrichtung der Zotten verlaufende organische Muskelfasern nachgewiesen.

211. Chylus.

Die Lymphgefässe des Magens und Dünndarmes führen während der Verdauung einen sehr viel reichlicheren und anders zusammengesetzten Inhalt als im leeren Zustand, nämlich den sog. Milchsaft, Chylus. Derselbe ist bei Pflanzenkost fast farblos, wenig opalisirend, bei Fleischnahrung, namentlich aber starken Fettzufuhren, copiöser, sowie ausgezeichnet durch seine weissliche Färbung. Diese rührt her von kleinen Fettmolekeln, die, nach H. Müller, mit einer Eiweisshülle umgeben sind. Nach Behandlung mit Aether verschwindet

die weisse Farbe. Die Lymphe des Magens ist, weil dort keine Fettresorption stattfindet, farblos.

Das specifische Gewicht der schwach alkalisch reagirenden Flüssigkeit beträgt etwa 1020. Ausserhalb der Gefässe bildet dieselbe ein weiches Gerinnsel und ein trübliches, fettreiches Serum.

Der Chylus führt ausserdem Kerne und zahlreiche kernhaltige Zellen, sog. Chyluskörperchen; er ist besonders reich an diesen morphologischen Elementen nach seinem Austritt aus den Mesenterialdrüsen, wobei er zugleich coagulabel wird.

Die Bildung der Chyluskörperchen ist noch mehrfach strittig. Nach Brücke sind dieselben nichts anderes, als vom Chylusstrom weggeschwemmte Kerne und kernhaltige Zellen, aus welchen die Lymphdrüsen vorzugsweise bestehen. Die zuführenden Chylusgefässe münden offen in kleine Hohlräume dieser Drüsen, mit denen wiederum die Vasa efferentia communiciren, so dass der Chylusstrom wohl im Stande ist, die in den Drüsen schon präformirten Formbestandtheile mitfortzureissen. Uebrigens enthält der Chylus bereits Körperchen, wenn er das Darmrohr verlässt. Diese würden herrühren von den solitären Follikeln, sowie den zu den Peyer'schen Drüsen vereinigten Follikelmassen, die Brücke, als mit einem den mesaraischen Drüsen ähnlichen Inhalt erfüllt, in die Reihe der Lymphdrüsen stellt. Ihre Beziehungen zu den Lymphgefässen sind noch nicht gehörig aufgeklärt.

Der Inhalt des Ductus thoracicus führt öfters gefärbte Blutkörperchen. Die Ursachen dieser (zufälligen?), jedenfalls sehr untergeordneten Beimischung sind nicht bekannt.

Nach Nasse's vergleichenden Analysen besteht der Chylus und das Blut der Katze aus:

	Chylus	Blut
Wasser	90,6	81,0
Fibrin	0,1	0,2
Sonstige Eiweisskörper und Extractivstoffe	4,9	17,7 (sammt Hämatin)
Fette	3,3	0,3
Salze	1,1	0,8.

212. Bewegung des Chylus.

Die Chylusströme sammeln sich im Milchbrustgang, um von da aus in die linke Vena subclavia ergossen zu werden. Der Milchbrustgang enthält übrigens selbst während der Verdauung keinen reinen Chylus, sondern Beimischungen der Lymphe vieler (s. 246) Körpertheile.

Zur Unterstützung des Chylusstromes tragen bei: 1) die Einathmungsbewegungen. Der Milchbrustgang verhält sich wie ein Ast der Vena subclavia; sein Inhalt wird in Folge der Einathmungsbewegung in die Vene aspirirt (164). 2) Die Klappen der Lymphgefässe gestatten dem Chylus den Durchgang bloss in der Richtung gegen die Venen, so namentlich auch die Klappe an der Mündung des Ductus thoracicus. Schon innerhalb der Darmwand kommen Klappenbildungen in den Chylusgefässchen vor. 3) Die Peristaltik des Darmes, die Muskelfasern der Darmzotten (Brücke) und die Contractilität der Wände der Lymphgefässe müssen ebenfalls den Chylusstrom befördern. Ausserdem

dürfte das durch die Gekrösdrüsen fliessende Blut Chylusbestandtheile aufsaugen und so das Nachrücken neuer Massen begünstigen.

Die Hauptursache des Chylusstromes ist aber eine, offenbar auf endosmotischen und verwandten Processen beruhende Vis a tergo. Werden die Lymphgefässe unterbunden, so schwellen sie zwischen der Unterbindungsstelle und dem Darm bedeutend an; der Druck ihres Inhaltes dürfte dann den Druck der im Darmrohr befindlichen Massen erheblich übersteigen.

213. Chylusmenge.

Sie ist noch nicht exact bestimmt. Man hat 3 Methoden angewandt:

1) Anschneiden der Ductus thoracicus. Man erhält unter diesen, von der Norm gar zu weit abweichenden Verhältnissen, in den ersten Minuten sehr grosse Ausflussmengen, bald aber kommt das Ausströmen ins Stocken. Bidder und Schmidt berechnen die tägliche Chylusmenge auf etwa $^2/_3$ der Blutmenge.

2) Man macht die Voraussetzung, dass ein bestimmter Bestandtheil der Nahrung nahezu ausschliesslich der Chylusresorption anheimfällt. Die 24 stündige Zufuhrmenge des Bestandtheiles und dessen $^0/_0$ Mengen in Chylus sind aber bekannt, also die Chylusmenge berechenbar (Vierordt). Enthält der Chylus 3 $^0/_0$ Fette und beträgt die tägliche Fettzufuhr 90 Grammen, so würde die Chylusmenge in 24 Stunden auf 3 Kilogramme taxirt werden müssen.

3) Anlegen einer permanenten Fistel des Ductus thoracicus. Colin erhielt an Ochsen tägliche Ausflussmengen von nicht weniger als 80 Kilogrammen! Hier sind bedeutende Lymphmengen dem Chylus wiederum beigemischt.

Alle Erfahrungen vereinigen sich jedenfalls dahin, dass grosse Mengen Chylus gebildet werden.

Nach Lister fliesst der Chylus im Mesenterium chloroformirter Mäuse vollkommen gleichmässig und ungefähr viermal langsamer als in den Blutcapillaren.

X. Athmen und Perspiration.

A. Respiratorischer Gaswechsel.

214. Aufgabe.

Die Respiration im engeren Sinne besteht in einem, durch ein besonderes Organ vermittelten, Austausch zwischen Blutgasen und der Atmosphäre und zwar vorzugsweiss in einer Aufnahme von Sauerstoff und einer Abgabe von Kohlensäure. Die unmittelbare Wirkung dieses Gasaustausches ist die Umänderung der venösen Blutbeschaffenheit in die arterielle. Der Gaswechsel geschieht, bei den Luftathmern, zwischen Blut und Atmosphäre; er wird begleitet von einer Wasserverdünstung auf den Wandungen der Canäle

des Athmungsapparates (Lungen oder Tracheen der Spinnen und Insekten). Bei den sog. Wasserathmern findet ein respiratorischer Gaswechsel statt zwischen dem Blut und der im Wasser absorbirten Luft. Als Athmungsorgane dienen Kiemen und (in niederen Thieren) Wasserkanäle.

Eine Erscheinung eigener Art ist die sogenannte Darmrespiration gewisser Fische, z. B. des Cobitis fossilis. Abgesehen von ihrer Kiemenathmung verschlucken die Thiere von Zeit zu Zeit auch Luft an der Oberfläche des Wassers und geben Kohlensäure aus dem After ab.

215. Die Atmosphäre in ihren Beziehungen zum Athmen.

Die als trocken angenommene Einathmungsluft enthält konstant

	Gewichtstheile:	Volumtheile:
Sauerstoffgas	23	20,8
Stickgas	77	79,2.

Ausserdem sehr kleine Mengen Kohlensäure; 10,000 Gewichtstheile freier Atmosphäre führen etwa 4—8 Th. Kohlensäure.

Der Wassergehalt der Luft wechselt in hohem Grade. Man unterscheidet 1) die absolute Menge Wassergas, die enthalten ist in einem gegebenen Luftvolum. Je wärmer die Luft, desto mehr Wassergas kann sie aufnehmen. 2) Der relative Wassergehalt, d. h. Feuchtigkeitsgrad der Luft. Die gesättigte Luft enthält so viel Wassergas, als sie bei ihrer Temperatur überhaupt aufnehmen kann; während der Wassergehalt der feuchten oder gar der trockenen Luft dem Sättigungspunkt ferner steht.

Der durchschnittliche Wassergehalt der Luft im Verlauf grösserer, z. B. monatlicher, Perioden des Jahres correspondirt den Wärmemitteln. Die Luft hält im Juli im Mittel 3 mal soviel Wasser als im Januar. Dagegen ist die Sommerluft durchschnittlich trockener, als im Winter; der mittlere Feuchtigkeitsgrad unseres Juli und August beträgt etwa 67 %, der des November bis Januar etwa 86 %.

Für die Respiration bemerkenswerthe Eigenschaften der Luft sind deren bedeutende Ausdehnbarkeit durch die Wärme (100 Volume Luft bei 0° nehmen, bis 100° C. erwärmt, einen Raum von 136 Volumina ein) und ihre abnehmende Dichtigkeit mit zunehmender Erhebung über das Meer. Daher athmen wir auf hohen Bergen und in der Hitze eine ziemlich dünnere Luft ein.

216. Eigenschaften der Ausathmungsluft.

Die Luft erleidet wesentliche Veränderungen durch das Athmen. Die ausgeathmete Luft ist reich an Kohlensäure (Mittel 4,3 %, Grenzwerthe 5,5 und 3,3 beim normalen ruhigen Athmen, Vierordt); ihr Stickgasgehalt nimmt meist zu, jedoch nur um ein Minimum, dagegen ist sie arm an Sauerstoffgas. Es verschwindet beim Athmen immer mehr Sauerstoff, als Sauerstoff wieder zum Vorschein kommt in Form von Kohlensäure (Lavoisier); daraus folgt: das Volum der Ausathmungsluft ist etwas kleiner als das der Einathmungsluft,

beide als trocken und gleichtemperirt angenommen. Zur Vergleichung dienen folgende Durchschnittszahlen:

	Einathmungsluft:	Ausathmungsluft:
Stickgas	79,2	79,3
Sauerstoff	20,8	15,4
Kohlensäure . . .	—	4,3
	100	99

Es hätte also in obigem Schema die Luft beim Athmen um 1 Volumprocent abgenommen.

Die Luft wird ausgeathmet nahezu erwärmt auf die Körpertemperatur; sie zeigt eine Temperatur von etwa 37° C., und zwar im Winter kaum 1° weniger als im Sommer (Valentin).

Ferner enthält die Ausathmungsluft ausser dem eingeathmeten Wassergas eine weitere Menge des letzteren, die abgegeben wurde von den feuchten Wandungen des gesammten Respirationsapparates. Bei ruhigem Athmen ist die Ausathmungsluft wohl nahezu oder vollständig gesättigt, d. h. sie enthält ungefähr so viel Wassergas, als Luft von 37° C. davon überhaupt aufnehmen kann; beim beschleunigten Athmen dagegen sinkt der % Wassergehalt der Ausathmungsluft (Moleschott). Die Erwärmung und Wasseraufnahme führt demnach zu einer, die oben erwähnte Volumminderung weit kompensirenden Volummehrung der Ausathmungsluft.

Ausser minimen Mengen von Ammoniak, Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, die zum Theil aus dem Darm (s. 198) in's Blut übergehen, kann die Ausathmungsluft noch enthalten flüchtige Stoffe, die zufällig in's Blut gelangten; z. B. kleine Mengen Alkohol, verschiedene Riechstoffe, z. B. Camphor.

217. Absolute Mengen der Respirationsgase.

Die 24stündigen Mengen der Athemgase zeigen folgende Werthe, wobei mittlere Körperverhältnisse und für die Wasserverluste besonders wichtigen mittlere Temperaturen angenommen werden.

		Grammen	Cub. Centimeter (auf 0° und Barometermittel reducirt)
Aufnahme	Sauerstoff	744	516500
Ausscheidung	Kohlensäure	900	455500
	Stickgas	? (7—8)	600 ?
	Wassergas	330	—

Die sehr zahlreichen Variationen dieser Mittelwerthe nach Alter, Geschlecht, Verdauung, Bewegung, Temperaturen u. s. w. siehe in der Physiologie der Körperzustände.

Man bestimmt die absoluten Werthe der Respirationsgase entweder direkt (s. den nächsten Paragraphen), oder indirekt nach dem Vorgang von Boussaingault und Liebig, d. h. man ermittelt in letzterem Fall die C, H, N und O Mengen einerseits der Zufuhren und andererseits der Fäces und des Urines. Die grossen C Mengen der Zufuhren, die sich nicht in genannten Excretionen finden, gehören (von dem sehr geringen C Verlust der Haut abgesehen) der Lungenkohlen-

säure an. Umgekehrt wird alles oder doch fast alles N der Zufuhren durch den Urin (Harnstoff) eliminirt; der Rest gehört annähernd der Stickgasausscheidung durch die Lungen an; ein Werth, der aber viel weniger sicher bestimmbar ist, als der Kohlensäurewerth.

218. Ansammlung und Untersuchung der Athemgase.

Man kann zwei Hauptmethoden der Athemversuche unterscheiden:

I. Ansammlung der Exspirationsluft in einem Behälter (Prout). Man inspirirt durch die Nase und exspirirt mittelst des Mundes durch eine Röhre in einen mit einem Hahn versehenen und mit Salzwasser gefüllten grossen Glasballon, der in eine Wanne mit Salzwasser gestellt wird. Die exspirirte Luft verdrängt das Wasser.

Ein wesentlicher Vorzug der Methode besteht darin, dass sie die reine Ausathmungsluft liefert und damit allein die Möglichkeit gewährt, die % Zusammensetzung, sowie die Volumverhältnisse der Athemluft kennen zu lernen. Ihre Ausdehnung aber auf eine grössere Reihe von Individuen ist darum unthunlich, weil Niemand ohne vorherige längere Uebung Athemzüge von normaler Dauer und Tiefe an dem Apparat vollbringt. Die gesättigte Satzlösung verschluckt nur sehr kleine Mengen Kohlensäure; Quecksilber ist allerdings die einzig tadellose Sperrflüssigkeit.

II. Das Versuchsindividuum athmet in einem Behälter.

1) Ohne Luftwechsel. Die Luft ändert sich schnell; das Athmen wird gestört.

2) Mit Luftwechsel (Despretz, sowie Dulong an Thieren, Scharling und Hannover an Menschen). Der Athmende ist in einem Kasten, Figur 41 *k*, während ein grosser Aspirator *a* für Abfuhr der mit Athemgasen

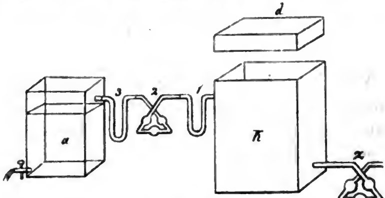


Fig. 41.

vermischten Kastenluft durch ein Abflussrohr sorgt und ein entsprechendes Nachrücken frischer Luftmassen durch ein Zufuhrrohr *z* ermöglicht wird. Die Ausfuhrluft streicht durch Flaschen, die mit Aetzkalilösung und concentrirte Schwefelsäure gefüllt sind, um die Kohlensäure und das Wasser zu binden.

Der mit Aetzkalilösung gefüllte Liebig'sche Kugelapparat *z* bindet die Kohlensäure der Zufuhrluft; Röhre 1 enthält Asbest mit concentrirter Schwefelsäure zur Bindung des Athemwassers; die Kalilösung in 2 absorbirt die Kohlensäure, und die Schwefelsäure in Röhre 3 das durch den Luftstrom der Kalilösung entrissene Wasser. Der Aspirator *a* ist mit Wasser gefüllt; nach Maassgabe des zu regulirenden Wasserabflusses aus *a* erfolgt das Nachströmen von Atmosphäre nach *k*. Der augenblickliche Verschluss von *k*, nachdem die Versuchsperson hinabgestiegen, wird am besten durch den Deckel *d* bewerkstelligt, der in eine, in dem oberen Rand von *k* befindliche, mit passender Sperrflüssigkeit gefüllte Rinne eingesenkt wird. Um die Athem- und Perspirationsgase gesondert zu erhalten, be-

nützte Scharling einen in seinen grossen Kasten gestellten kleineren. Die Versuchsperson gab die Athemgase ab in den grossen Kasten (indem der Kopf aus einem, sonst hermetisch verschlossenen, Ausschnitt des kleinen Kastens hervorragte), während der kleine Kasten die Perspirationsgase aufnahm.

3) Andral und Gavarret brachten über das Gesicht hermetisch eine Maske an. Die Ausathmungsluft wurde durch eine Röhre entfernt, die mit mehreren grossen leergepumpten Glasballons communicirte, während durch 2 Ventile äussere Luft in die Maske nachströmte. Der Athmende ist somit einem Luftstrom ausgesetzt.

4) Regnault und Reiset setzten Thiere in einen Behälter und liessen die Kohlensäure beständig absorbiren, während neuer Sauerstoff nachströmte nach Maassgabe der Kohlensäureabsorption. Der Stickgasgehalt der Luft des Behälters nimmt im Verlauf des Versuches etwas zu, so dass die Hauptaufgabe dieses Verfahrens, die Athmenden ohne starken Luftwechsel in einer normalen Atmosphäre zu erhalten, nicht vollständig erreicht werden konnte.

Alle Verfahrungsweisen der zweiten Hauptmethode, die dritte ausgenommen, liefern ausser den Athemgasen auch noch die von der Cutis herrührenden Perspirationsgase (238) und führen zudem nur zur Kenntniss der absoluten Mengen der Kohlensäure, des Wassers und (bei No. 4) auch des Sauerstoffes, jedoch besser als diess bei der ersten Hauptmethode erreichbar ist.

Die wesentlichsten Theile des complicirten Regnault'schen Apparates, Fig. 42, sind 1) die Glasglocke a, zur Aufnahme des Thieres; 2) ein Quecksilbermanometer m, mit a communicirend, um die Spannung der dortigen Luft zu messen; 3) die Flaschen k und k', gefüllt mit Aetzkalilösung. Die Flaschen communiciren mit a durch je eine elastische Röhre i und unter sich mittelst einer ähnlichen Röhre e. Wird k erhoben und gleichzeitig k' gesenkt, so entleert sich die Kalilösung durch e nach k', während k Luft aus a aufnimmt. Beim nächsten Niedergang von k wird die Luft durch die Aetzkalilösung (welche aus dem nunmehr sich erhebenden k' einströmt) nach a gedrängt und zwar frei von Kohlensäure. Ein in der Zeichnung weggelassenes Triebwerk sorgt für ununterbrochenes Wechselspiel von Auf- und Niedergehen der Flaschen k und k'. 4) Ein grosser mit Sauerstoffgas gefüllter Recipient r führt, nach Maassgabe der O Bindung durch das Thier, neue O Mengen nach a. Der O Behälter wird vorher gefüllt mit concentrirter Chlorcalciumlösung, die möglichst wenig O absorbirt, dann von s aus mit dem Gas, während die Calciumlösung nach unten abläuft. Während des Versuches fliesst aus dem Behälter B durch q Chlorcalciumlösung nach r ab, und verdrängt das O nach dem Athmungsbehälter a. Die drei mit Chlorcalciumlösung gefüllten Ballons m (deren Mündungen nicht gleich hoch stehen), haben die Aufgabe, die Chlorcalciumlösung in B ungefähr auf konstantem Niveau zu halten.

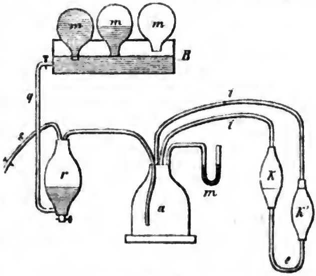


Fig. 42.

Die nach der ersten Methode angesammelten Gase werden in einer calibrirten Endiometerröhre bestimmt nach den bekannten Regeln der Gasanalyse: die Kohlensäure durch die Raumverminderung des Gasvolums, z. B. nach Schütteln desselben mit Aetzkalilösung; der Sauerstoff mittelst Pyrogallussäurelösung, welche nach Liebig O begierig verschluckt, oder durch Verpuffung mit Wasserstoffgas mittelst Durchleitung eines elektrischen Funkens.

219. Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäureausscheidung.

Die Respiration steht unter allen sog. vegetativen Thätigkeiten insoferne einzig da, als sie unmittelbar willkürlich gesteigert werden kann durch absichtliche Veränderungen der Athemzüge. Die Stickgasausscheidung, sowie die Sauerstoffaufnahme sind übrigens in dieser Beziehung noch nicht, die Normen der Kohlensäure dagegen von Vierordt untersucht. Die Ergebnisse solcher Versuche führen direkt zur Theorie des respiratorischen Gaswechsels.

I. Zahl der Athemzüge (Athemfrequenz). Vermehrt man die Zahl der Athemzüge willkürlich, d. h. über das dem jeweiligen Respirationsbedürfniss entsprechende Maass, während ihre Tiefe möglichst normal (d. h. etwa 500 Cub. Cent.-Met.) und gleich bleibt, so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Zahlen der Athemzüge wachsen, weil nämlich zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken, und zwar anfangs rasch, später langsam.

Zahl der Athemzüge in 1 Minute.	Kohlensäure in 100 Vol. Luft.		In Cub. Cent. Metern in 1 Minute ausgeathmet Luft.	Kohlensäure.
12 (Norm)	4,3	= 2,9 + 1,4	6000	258
24	3,5	= 2,9 + 0,6	12000	420
48	3,1	= 2,9 + 0,2	24000	744
96	2,9	= 2,9	48000	1392

Jede Athmungsfrequenz, sie mag hoch oder nieder sein, giebt einen, von dem jeweiligen Kohlensäuregehalt des Blutes abhängenden konstanten Werth (in obiger Tabelle 2,9%), plus einer weiteren Kohlensäuremenge (0,2 — 0,6 — 1,4) die mit der Dauer der Athemzüge zunimmt. In obiger Reihe verhalten sich die % Kohlensäurewerthe 4,3 — 3,5 — 3,1 — 2,9 wie 100 : 81 : 72 : 67; bei den Versuchen selbst aber wie 100 : 78 : 70 : 63, Abweichungen, die sich aus der Schwierigkeit erklären, die Athemzüge möglichst gleich tief zu vollführen.

II. Tiefe der Athemzüge. Vermehrt man die Tiefe der Athemzüge willkürlich, während ihre Zahlen normal bleiben (z. B. 12 in 1 Minute), so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Tiefen der Athemzüge wachsen, weil zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken (Vierordt).

Athemluft ausgestossen mittelst einer Exspiration in C. C. M.	Kohlensäure ausgestossen mittelst einer Exspiration in C. C. M.	Kohlensäure in 100 Vol. Athemluft.
(Norm) 500	21	4,3
1000	36	3,6
1500	51	3,4
2000	64	3,2
3000	72	2,4

220. Gaswechsel innerhalb der Luftwege.

Fängt man das Gasvolum einer Ausathmung in mehreren Portionen auf, so zeigt es sich, dass der Kohlensäuregehalt der tieferen Schichten der Lungenluft immer mehr zunimmt (Allen und Pepys). Theilte Vierordt das normale Ausathmungsvolum in 2, so gut es angieng, gleiche Portionen, so betrug der Kohlensäuregehalt der ersten 3,7, der zweiten 5,4 Vol. %. Durch eine möglichst tiefe Exspiration wird aber eine viel kohlensäurereichere Luft ausgestossen; sie enthält etwa 1 % mehr Kohlensäure als die Ausathmungsluft von gewöhnlicher Tiefe.

Die im Respirationsapparat enthaltene Luft wird in ihren tieferen Schichten zunehmend ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure und wohl auch reicher an Wassergas. Dadurch werden bedingt Diffusionsströme (26) von Kohlensäure und Wassergas von unten nach aufwärts, sowie ein Sauerstoffstrom in entgegengesetzter Richtung. Diese Wanderungen geschehen auch ohne Athembewegungen. Bringt man bei vollkommener Ruhe der Respirationsmuskeln den geöffneten Mund in Communication mit abgeschlossener Luft von mässigem Volumen, so enthält letztere bald merkliche Mengen Kohlensäure (Vierordt). Im tiefsten Winterschlaf, auch im Scheintod wird der minime respiratorische Gaswechsel auf diese Weise unterhalten; für die gewöhnlichen Athembedürfnisse reicht aber die Diffusion bei weitem nicht aus und die Luft des Respirationsapparates wird in sehr wirksamer Weise ventilirt durch das Wechselspiel der Ein- und Ausathmungsbewegungen.

Stellt man sich die Bronchien gleichen Ranges zu je einem einzigen Canal vereinigt vor, so nimmt der Querschnitt des Respirationsapparates vom Larynx an bis in die Lungenzellen ungeheuer zu. Die so eben inspirirte Luft dringt aber nur bis in die gröberen Bronchien herab, deren geringerer Gesammtquerschnitt die Diffusion minder begünstigt.

221. Abgabe von Kohlensäure aus dem Blut in die Lungenluft.

Die Ausscheidung der Kohlensäure des Blutes hängt in letzter Instanz ab von dem Gegendruck der Kohlensäureatmosphäre in der Luft der Lungenzellen (Vierordt). Die Spannung der Kohlensäure des Blutes der Lungencapillaren ist stärker als die Spannung der Kohlensäureatmosphäre in den Lungenzellen, desshalb entweicht, nach den Gesetzen der Gasabsorption, Kohlensäure in die Lungenluft.

Beim willkürlich gesteigerten, sehr frequenten Athmen ist der Kohlensäuregehalt der Lungenluft gering; daher giebt das Blut grosse, das Respirationsbedürfniss weit übersteigende Kohlensäuremassen ab (219, I.). Beim gewöhnlichen Athmen ist diese Abgabe viel geringer, entsprechend dem eben vorhandenen Respirationsbedürfniss.

Bei Hemmung des Athmens aber sinkt sogleich die Kohlensäureabgabe weit unter das Respirationsbedürfniss. Sistirt man die Athembewegungen, so nimmt der Kohlensäuregehalt der Lungenluft anfangs bedeutend, später aber nur sehr langsam zu, d. h. es werden nur noch minime Kohlensäuremengen aus dem Blut ausgeschieden. Die durch möglichst tiefe Exspirationen, nach

vorherigen tiefsten Inspirationen, ausgestossenen Luftvolume (circa 3600 C. C. M.) enthalten nach Vierordt folgende Säuremengen.

Dauer der Athemhemmung in Secunden.	Kohlensäure	
	in $^0/_0$	in Cub. Cent M.
20	5,0	183
40	5,7	205
60	6,3	228
80	6,7	240
100	7,4	265

Nach 100 Secunden ist die Athemnoth so gross, dass exspirirt werden muss. Der Process ist jetzt dem Punkt näher, in welchem Gleichgewicht besteht zwischen der Kohlensäure des Blutes und der Lungenluft, d. h. wo die Kohlensäureabgabe zum Stillstand kommt. Völlige Gleichheit der Kohlensäurespannung der Lungenluft einerseits und des Blutes andererseits ist übrigens am Menschen nicht zu erzielen. Die Luft des Respirationsapparates zeigt nunmehr in ihren verschiedenen Schichten nahe dieselben Kohlensäureprocente.

In einer sehr kohlensäurereichen Atmosphäre können Thiere, unter noch nicht genügend bekannten Nebenbedingungen, einige Zeit athmen, namentlich wenn ihnen zugleich grosse Sauerstoffmengen geboten werden. Es ist dann, wie Legallois fand, selbst eine totale Umkehr der Norm, d. h. eine Absorption an Kohlensäure möglich (s. 228).

Die Kohlensäure ist zwar im Blut nicht bloss mechanisch absorbirt, sondern zum grösseren Theil chemisch gebunden enthalten (als einfach oder $1^1/_2$ fach kohlensaures Natron); gleichwohl aber kommt beim respiratorischen Gaswechsel die absorbirte Kohlensäure zunächst allein in Betracht, da die Ausscheidung der Kohlensäure den einfachen physikalischen Gesetzen der Diffusion und Absorption der Gase gehorcht. Dasselbe ist der Fall bei dem Stickgas, das im Blut nur mechanisch absorbirt enthalten ist.

222. Aufnahme von Sauerstoff in das Blut.

Die beträchtlichen Sauerstoffmengen, welche beim Respirationsakt in das Blut übergehen, bestimmten, mit Rücksicht auf die verhältnissmässig geringe Absorptionsfähigkeit der meisten Flüssigkeiten für Sauerstoffgas, viele Physiologen schon längst zur Annahme, dass die Sauerstoffaufnahme in das Blut durch chemische Anziehungen wesentlich unterstützt werde. Damit stimmen auch die specielleren Ergebnisse der Absorptionsversuche überein. Nach L. Meyer ist nur ein kleiner Theil des vom Blut verschluckten O einfach absorbirt, das meiste dagegen chemisch gebunden, wenn auch nur durch geringe Affinitäten und desshalb aus dem Blute abscheidbar durch mechanische Mittel (32).

Blutserum nimmt viel weniger O auf, als die Blutkörperchen, deren Hämatin ohne Zweifel zu O eine grössere Verwandtschaft zeigt als die übrigen Bestandtheile. Dadurch wird das Athmen in der verdünnten Atmosphäre in

bedeutenden Höhen über dem Meere offenbar wesentlich unterstützt. Die Sauerstoffaufnahme ist demnach nur zum kleineren Theil ein physikalisches Absorptionsphänomen.

Auch andere Bestandtheile des Blutes dürften bei der Aufnahme des Sauerstoffs betheiligt sein, namentlich der Faserstoff, dessen coagulirte Form nach Scherer O begierig verschluckt. Die von Schönbein entdeckte Modifikation des O, das durch seine oxydirenden Eigenschaften ausgezeichnete Ozon, spielt beim Respirationsakt wahrscheinlich eine wesentliche, wenn auch noch nicht specieller gekannte Rolle. Die Blutkörperchen haben nämlich nach Schönbein und His eine auffallende Verwandtschaft zum Ozon und entziehen dieses anderen Körpern, die Ozon aufgenommen haben.

Das Ozon wirkt übrigens auch reizend und secretionsvermehrend auf die Respirationsschleimhaut und kann dadurch lethal werden.

Man übersehe übrigens nicht, dass die Absorptionsversuche nur mit defibrinirtem Blut angestellt werden können. Möglicherweise bietet das lebende Blut günstigere Bedingungen für die physikalische O Absorption. Die chemische Theorie darf um so weniger ausschliesslich dominiren, als der Mensch in hohen Elevationen (und zwar nicht bloss beim vorübergehenden Aufenthalt) schwerer athmet und schon durch kleine Anstrengungen Athemnoth, Schwindel und dergl. erleiden kann (Vetakrankheit der Peruaner). Die Eingewanderten sind dem Uebel mehr ausgesetzt. Die Einwohner Peru's, welche sehr hochgelegene Gegenden bewohnen, zeigen eine auffallende Ausdehnung des Brustkorbes (d'Orbigny).

Regnault und Reiset liessen Thiere mehrere Stunden in einer Atmosphäre athmen, die 2—3 mal mehr O enthielt, als die gewöhnliche Luft. Gleichwohl sollen die Thiere nicht im geringsten belästigt gewesen sein; die verschwundenen O Mengen waren die gewöhnlichen, ein weiterer Beweis allerdings, dass die O Aufnahme vorzugsweis ein chemischer Akt ist. Nach Marchard absorbiren dagegen Frösche beim stundenlangen Aufenthalt in einer O Atmosphäre grössere O Mengen als in gewöhnlicher Luft.

Eine ganz andere Frage ist, wie gestaltet sich die O Aufnahme in den ersten Minuten des Versuches. Nach älteren Forschern, z. B. Allen und Pepys, würden bei plötzlicher Vertauschung gewöhnlicher Luft mit einer überwiegenden O Atmosphäre viel grössere O Mengen aufgenommen werden, eine Angabe, die zwar nicht unwahrscheinlich, jedoch erneuter Bestätigung bedarf. Jedenfalls wird die Accommodation sehr bald erfolgen, welche die O Aufnahme auf das gewöhnliche Maass zurückführt.

Die älteren Angaben, dass Thiere, die in O athmeten, wenn sie in irrespirabele Gasarten gebracht werden, später ersticken und ihre Muskelreizbarkeit nach dem Tode später verlieren; ferner die grössere Gerinnbarkeit und die von Bernard neuerdings bestätigte helle Röthe des Venenblutes beim Athmen in O u. dergl., lassen sich mit den Ergebnissen von Regnault und Reiset vorerst noch nicht vereinigen.

Versuche über die O Aufnahme bei willkürlich veränderten Athembewegungen, nach Art der 219 erwähnten Kohlensäurebestimmungen, sind ein Bedürfniss für die Respirationslehre.

Ludwig und W. Müller setzten die Luftröhre von Thieren durch eine Röhre in Verbindung mit abgeschlossenen Sauerstoffräumen. Letztere enthielten, beim Beginn des Todes der Versuchsthiere, grosse Kohlensäuremengen (20 bis 68 %, die höheren Werthe bei grösseren Athemräumen), während die O Mengen auf 60 bis 20% gesunken waren.

223. Umwandlung des venösen Blutes in arterielles.

Das Blut kommt venös in den Lungenkapillaren an, um als arterielles durch die Lungenvenen und das linke Herz der Capillarität der grossen Blutbahn zugeführt zu werden. Die Capillarität der Lungenzellen stellt zwischen Blut und Lungenluft eine ungeheure und innige Contactfläche dar, welche den

respiratorischen Gaswechsel der grossen Blutmassen, die durch die Lungen strömen, in hohem Grade begünstigt.

Die auffallendste Veränderung des Blutes ist die Umwandlung der dunkelrothen Farbe in eine lebhaft hellrothe (15). Wird die Luftröhre verschlossen, so fliesst in wenigen Sekunden merklich dunkleres Blut in den Arterien; ebenso schnell ändert sich die Farbe, wenn die Trachea wieder geöffnet wird (Bichat).

Das Blut verliert in den Lungen Kohlensäure (sowie auch sehr kleine, direkt nicht mehr bestimmbare Menge Stickgas) und nimmt Sauerstoff auf. Magnus hat nachgewiesen, dass die aus dem arteriellen Blut durch mechanische Mittel austreibbaren Gase relativ reicher sind an O und ärmer an C̈, als die Gase des venösen Blutes. 100 Vol. Gase des Arterienblutes hielten 62 C̈ und 23 O, des venösen dagegen 72 C̈ und 15 O. Durch seinen grösseren O gehalt wird das arterielle Blut namentlich befähigt, die Funktionen der Nerven und Muskeln, die eine bedeutende O zufuhr bedürfen, zu unterhalten, wie namentlich auch aus den Wirkungen der Infusion des Blutes hervorgeht. Thiere, welche durch grosse Blutverluste scheintodt geworden sind, werden nicht gerettet, wenn Blutserum, wohl aber wenn geschlagenes hellrothes Blut in ihre Adern gespritzt wird. Dagegen ist die Infusion von mit Kohlensäure geschütteltem Blut tödtlich.

Da das Blut der Lungencapillaren auch zur Ernährung der Wandungen der Lungenzellen dient (die Ernährung der Bronchien, Bronchialdrüsen u. s. w. ist dagegen den Bronchialarterien übertragen), so müssen sich auch diese Wechselwirkungen mit dem Parenchym der Lunge bei der Zusammensetzung des rückfliessenden Lungenvenenblutes geltend machen; die Veränderungen sind aber, wegen der grossen durchströmenden Blutmassen, so gering, dass sie der Analyse sich entziehen.

224. Umwandlung des arteriellen Blutes in venöses.

Mayow und Muschenbroek haben gezeigt, dass die Organe im Vacuum der Luftpumpe Gase hergeben. In der Capillarität der Organe kommt das arterielle Blut in Wechselwirkung mit den in den Gewebsäften gelösten Gasen. Diese sind ärmer an O, reicher an C̈; es findet also ein dem respiratorischen Gaswechsel in den Lungen, der Richtung nach, entgegengesetzter Process statt: der parenchymatöse Gaswechsel besteht in einer Abgabe von O aus dem Blut und einer Aufnahme von C̈ in das Blut. Bei dem Ortswechsel der Körpergase verhalten sich die Gewebsäfte dem Blut gegenüber, wie dieses sich verhält gegenüber der Atmosphäre.

Dieser parenchymatöse Gaswechsel muss je nach den Geweben verschieden sein, so dass das Blut in verschiedenen Provinzen des Venensystems verschiedene, sowie auch von einander abweichend zusammengesetzte, Gasmengen führen wird. Am intensivsten wird der Gaswechsel sein im Muskel- und Nervensystem, wie schon die grosse Abhängigkeit der Leistungen beider Systeme von der Athmung wahrscheinlich macht. Liebig jun. zeigte, dass auspräparirte Froschmuskeln, wenn sie in Thätigkeit versetzt werden, der Atmosphäre mehr Sauerstoff entziehen und zugleich in dieselbe mehr Kohlensäure abgeben, als im

ruhenden Zustand. In Stickgas oder Wasserstoffgas geben die Muskeln nur geringe Kohlensäuremengen ab.

Nach Bernard soll das durch die Venen der Drüsen (Niere, Pankreas, Parotis) fliessende Blut hellroth gefärbt sein, wie arterielles, sowie deren Secretionen in Gang kämen, dunkelroth dagegen, wenn sie stocken. Nach Reizung der Facialisfasern der Submaxillardrüse soll das Blut roth und in grosser Menge aus der Vene zurückfliessen, nach Reizung aber der Sympathicuszweige der Drüse dunkel und in geringer Menge.

225. Bildungsstätten der Kohlensäure.

Die Blutgase erleiden ihre wesentlichsten Veränderungen in den Capillaritäten. Der Sauerstoff wird theils mechanisch absorbirt, theils in lockerer chemischer Verbindung den Capillaren der grossen Blutbahn zugeführt, um dort gegen die Kohlensäure der Gewebsäfte ausgetauscht und zur Oxydation von Gewebebestandtheilen verwendet zu werden. Die Gewebe stellen den Hauptheerd der Oxydationserscheinungen dar.

Ausserdem betrachtet man aber auch das Blut als eine Stätte energischer Oxydationen und lässt dieselben auf dem Wege zwischen den Lungen und der Capillarität vor sich gehen. Jedenfalls müssten dadurch die Proportionen der Blutgase, also auch die Blutfärbung, schon innerhalb der Arterien merklich verändert werden. Dieses ist aber nicht der Fall; wir dürfen demnach wohl schliessen, dass die Oxydationen innerhalb der Blutmasse selbst, noch nicht zur Bildung der Endprodukte (Kohlensäure z. B.) führen, jedenfalls dass sie bedeutend zurückstehen hinter den Oxydationen in den Geweben. Die ausgeathmete Kohlensäure rührt demnach ganz vorzugsweis her von den Geweben; gewisse, nicht näher bestimmbare Mengen mögen von der Blutmasse unmittelbar abstammen, endlich ein, vielleicht nicht unbedeutender Antheil von dem Lungengewebe selbst.

226. Schicksale des absorbirten Sauerstoffes.

Die Oxydationen geschehen, um das Endresultat kurz zu bezeichnen, auf Kosten des Kohlenstoffes und Wassorstoffes der Körperbestandtheile. Die hier ganz vorzugsweis in Betracht kommenden letzten Produkte dieser Processe sind Kohlensäure und Wasser. Die chemischen Zwischenglieder sind dagegen fast unbekannt.

Die sog. Kohlenhydrate enthalten, ausser C, noch H und O, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser. Gründe sprechen dafür (281), dass das H hier schon oxydirt, also bloss C zu verbrennen sei. Die Fette bedürfen ausser den geringen O mengen, die sie bereits führen, zur Oxydation ihres C und H weitere O quantitäten. Die Kohlenhydrate und Fette zerfallen demnach schliesslich in Kohlensäure und Wasser.

Die Eiweisskörper dagegen bilden bei ihrem Zerfall den durch seinen Stickstoffgehalt ausgezeichneten Harnstoff. Fast aller N der Körperbestandtheile wird in Form von Harnstoff ausgeschieden. Nach Abzug des im Harnstoff ausgeführten C, H und O bleiben weitere C-, und H-atome zurück, zu deren Oxydation ausser dem in den Eiweisskörpern bereits enthaltenen O, atmosphärisches O verwendet wird.

Die genannten drei Hauptgruppen von Körperbestandtheilen enthalten in 100 Theilen folgende C, H und O mengen und bedürfen zu ihrer Oxydation, unter den gemachten Voraussetzungen, die beistehenden O mengen.

	C	H	O	O Bedarf.
Fett	78,1	11,8	10,1	292
Stärkmehl	44,5	6,2	49,3	118
Fleisch	46,1	4,7	13,7	147

Das Verhältniss der Wasserbildung zur Kohlensäurebildung variirt in hohem Grad. Der Verfall der Kohlenhydrate führt zu keiner Wassererzeugung, während die Eiweisskörper, ganz vorzugsweis aber die Fette, bei ihrer Spaltung schliesslich gewisse Wassermengen entstehen lassen. Von 100 Theilen O würden demnach zum Vorschein kommen in Form von C̈ bei der Oxydation der Kohlenhydrate 100, des Fleisches 83, des Fettes 72 Theile.

Diese namentlich von Liebig hervorgehobenen Betrachtungen werden unterstützt durch die Versuche von Dulong und von Despretz, insofern als bei den Fleischfressern von dem beim Athmen verschwundenen O viel weniger wieder in Form von Kohlensäure ausgeathmet wird, als bei Pflanzenfressern; besonders aber durch Regnault und Reiset. Diese fanden, dass bei Hunden von dem absorbirten O wieder zum Vorschein kommen in Form von Kohlensäure:

bei Fettnahrung . . . . 69 %
Fleischnahrung . . 79 %
Amylonnahrung . . 91 %

wobei es sich von selbst versteht, dass bei ausschliesslicher Fettnahrung nicht bloss Fette, sondern auch andere Körperbestandtheile der Oxydation anheimfallen.

227. Stickgasausscheidung.

Die Ausscheidung von Stickgas durch die Respiration gehört in vieler Beziehung zu den noch unentschiedenen Fragen. Selbst die Thatsachen sind keineswegs vollkommen sicher hergestellt. Das aus dem Lungenblut in die Lungenzellen abgegebene Stickgas kann zwei Quellen haben:

1) Stickstoff von Körperbestandtheilen. Die meisten früheren Forscher, in neuerer Zeit noch Bischoff in seinen ersten Arbeiten, behaupteten, dass der Stickstoffgehalt der Zufuhren viel grösser sei, als die im Harn wieder zum Vorschein kommende Stickstoffmenge. Später kam man zum Ausspruch, dass das Stickstoffdeficit im Harn nur gering sei und sich höchstens auf sehr wenige Grammen im Tage belaufen; letztere müssten also in Form von Stickgas durch die Lungen ausgeschieden werden. Die directe Untersuchung der Athemluft führt hier, eben wegen des sehr geringen Stickgasüberschusses der Exspirationsluft gegenüber der Inspirationsluft, viel weniger zum Ziel, als sorgfältige vergleichende Analysen der Stickstoffmengen der Nahrung und des Harnes.

In neuester Zeit ist es aber, namentlich durch Voit, sehr wahrscheinlich geworden, dass sämmtlicher, in der Nahrung aufgenommener und in die Säftemasse übergegangener Stickstoff in Form von Harnstoff und Harnsäure den Körper wieder verlässt; die kleinen Stickgasmengen, welche durch die Athmung in der That ausgeschieden werden, müssen desshalb andere Quellen haben, namentlich das in das Blut übergehende:

2) Stickgas des Nahrungsschlauches. Dieses rührt (198) von den nicht unbeträchtlichen Mengen atmosphärischer Luft her, welche wir mit dem Speichel, den Speisen und Getränken abschlucken.

Das Stickgas spielt also, da es kein Produkt des Stoffwechsels selbst ist, beim Athmen nur eine accessorische Rolle. Weitere Stützen für diese Ansicht sind: 1) Spaltungen der Stickstoffhaltenden Körperbestandtheile, die zur Stickgasbildung führen könnten, sind unbekannt. 2) Nach manchen Forschern, namentlich Regnault und Reiset, können beim Athmen unter Umständen kleine Stickgasmengen aus der Atmosphäre verschwinden. Diese völlige Umkehr des Processes, sowie 3) der geringe Absorptionscoëfficient des Blutes für das Stickgas stellen wenigstens die directe Bedeutung des letzteren für das Athmen sehr zurück. Dazu kommt noch 4), dass in der Regel (oder immer?) das Blut mit Stickgas gesättigt ist, sodass keine erheblichen Variationen der Stickgasausscheidung möglich sind; während gerade diejenigen Gase, welche sich lebhaft bei der Respiration betheiligen, lange nicht bis zu ihrem Sättigungspunkt, sondern in variabelen Mengen im Blute vorkommen, wodurch allein eine dem Respirationsbedürfniss entsprechende, schnelle Steigerung oder Minderung des Gaswechsels ermöglicht wird.

228. Athmen in fremden Gasarten.

Seit Priestley, Lavoisier und namentlich Humphry Davy wurden hierüber zahlreiche Versuche angestellt. Der Forderung möglichster Reinheit der zur Respiration bestimmten Gase konnte jedoch von den älteren Forschern noch nicht vollständig genügt werden.

Der Respiration gegenüber lassen sich die Gase und Gasmischungen in vier Gruppen theilen:

1) Atmosphärische Luft. Sie allein kann anhaltend geathmet werden. Ihre Zusammensetzung im Freien darf geradezu als konstant angesehen werden und selbst in geschlossenen Zimmern, die eine grössere Anzahl Menschen enthalten, können sich keine schädlichen Kohlensäuremengen anhäufen.

Pettenkofer fand in einem Wohnzimmer ohne Ventilation 9 Zehntausendtel Kohlensäure; in Hörsälen 1—3, Schulzimmern bis 7, Wirthszimmern (nach mehrstündiger Anwesenheit der Gäste) 4—5 Theile in 1000 Theilen Luft.

2) Gase, die nicht positiv, sondern nur durch Sauerstoffmangel schädlich sind. Hierher gehören das Stick- und Wasserstoffgas. In einer reinen Atmosphäre derselben tritt sogleich Athemnoth ein, das Blut läuft venös ab aus den Lungen; nach 2 — 3 Minuten sind Säugethiere scheintodt.

In reinem N gas wird Kohlensäure aus dem Blut ausgeschieden, dagegen N vom Blut absorbirt, aber nur kleine Mengen, wegen der geringen Absorptionsfähigkeit des Blutes für dieses Gas. Analoge Erscheinungen bietet das Athmen von Wasserstoffgas. Das Blut giebt in eine solche O freie Atmosphäre kein O ab, ein bemerkenswerther Unterschied vom defibrinirten Blut, das mit N oder H gas geschüttelt wird.

3) Mischungen der Gase der zweiten Gruppe mit Sauerstoff. Wird in der Atmosphäre N durch Wasserstoffgas ersetzt, so athmen die Thiere scheinbar ohne Beschwerden (Lavoisier und Seguin). Regnault und Reiset setzten Thiere viele Stunden einer solchen Mischung aus und fanden Vermehrung sowohl der O absorption als der C̈- und N exhalation. Das H, dessen Absorptionscoëfficient sehr gering ist, blieb nahezu unverändert. In Mischungen von O und N, abweichend von der Atmosphäre, kann ebenfalls einige Zeit geathmet werden.

Eine Art Sauerstoffsurrogat ist in gewissem Sinne das Stickstoffoxydulgas Davy's. Es kann in grösseren Portionen geathmet werden, wobei es freilich in der Regel auffallende nervöse Zustände, selbst rauschähnliche u. dergl. Erscheinungen verursacht. Davy zeigte, dass das Gas in grösseren Mengen absorbirt, dagegen Kohlensäure und Stickgas abgegeben wird. In irrespirabeln Gasen asphyktisch gewordene Thiere leben in Stickoxydul wieder auf (Unzer).

4) Positiv schädliche Gase. Sie bewirken in das Blut aufgenommen Zersetzungen; manche (namentlich Chlor, Ammoniak, salpetrige Säure) ausserdem noch heftige Reizungen der Respirationsorgane, starke Secretion der Bronchien, Husten und Stimmritzenkrampf. Zu den giftigsten Gasarten gehören Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Arsenwasserstoffgas.

Auch die Kohlensäure wirkt in grösseren Mengen deletär. Sie verhindert die Kohlensäureausscheidung aus dem Blut und bringt schliesslich die parenchymatöse Kohlensäureentwicklung zum Stocken. Sehr viel kommt aber auf Nebenumstände an. Es ist vor allem eine langsame Accomodation an eine grössere Kohlensäureatmosphäre möglich. Lässt man Warmblüter in abgeschlossenen Räumen athmen, so sterben sie erst, wenn der Kohlensäuregehalt 12 bis 18 % beträgt (Bernard); nach älteren Versuchen von Legallois sollen selbst die Kohlensäureprocente in einzelnen Fällen über 40 gestiegen und die O procente auf 9—6 gefallen sein, ohne dass die Thiere nothwendig zu Grunde giengen. Offenbar kommt es auf die Volumverhältnisse des Luftraumes an; relativ grosse Räume werden zu hohen Kohlensäurewerthen führen. Ausserdem ist von Einfluss die Menge des gleichzeitig gebotenen O. Nach Regnault konnte ein Kaninchen bestehen in einer Mischung von 23 C̈, 31 O und 46 N. Kohlenoxydgas färbt das Venenblut hellroth (Hoppe), wobei die Blutkörperchen (Hämatin) die Fähigkeit verlieren, durch O und C̈ weitere Farbveränderungen zu erleiden, d. h. als Gasträger zu funktioniren. Die Form der Körperchen wird dabei nicht verändert. Nach L. Meyer's Absorptionsversuchen wird das Kohlenoxydgas vom Blut chemisch gebunden, in Mengen ungefähr wie O gas.

Wir zweifeln nicht, dass Transfusionen von arteriellem Blut sich bei, in deletären Gasen Verunglückten öfters als heilsam bewähren würden.

B. Athembewegungen.

229. Mechanik des respiratorischen Luftwechsels.

Die Athembewegungen vermitteln die Ventilation der Lungenluft und unterstützen dadurch in eingreifender Weise den respiratorischen Gaswechsel.

Während der Einathmung wird der Brustraum allmälig erweitert und die Lungenluft ausgedehnt, so dass die dichtere äussere Luft durch Mund oder Nase nachströmt, während die luftführenden Canäle des Athmungsapparates sich ausdehnen. Im Verlaufe der Ausathmung verengert sich dagegen der Brustraum, die Lungenluft empfängt von Seiten der Brustwandungen einen Druck, der grösser ist als der Gegendruck der Atmosphäre, wesshalb, unter Abnahme der Durchmesser der luftführenden Canäle, ein Theil der Lungenluft wieder nach aussen entweicht. Die Verhältnisse der Stimmritze s. Abschnitt XXIV.

Dieses, mit den Bewegungen eines Blasbalges vergleichbare, abwechselnde Aspiriren von Luft in die Lungen und Austreiben derselben aus den Lungen ist verbunden mit Verschiebungen des Organs an der Brustwand, und zwar in senkrechter und horizontaler Richtung. Daher verdecken bei tiefer Einathmung die vorderen Lungenränder den Herzbeutel fast vollständig.

Die mit den Athembewegungen wechselnden Spannungen der Lungenluft werden gemessen mittelst eines einfachen Manometers, einer Uförmig gebogenen Glasröhre, deren einer (innerer) Schenkel mit einem elastischen Rohr versehen ist, das z. B. in ein Mundstück endet, welches luftdicht auf den Mund gesetzt wird. Beide Schenkel sind bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllt. Beim Ausathmen ist der Druck positiv, d. h. grösser als der Atmosphärendruck; das Hg steigt im äussern Schenkel, um ebensoviel im innern zu fallen, die Abstände beider Hg niveaux geben den Ausathmungsdruck an. Beim Einathmen ist der Druck negativ; das Hg steigt im inneren und sinkt im äusseren Schenkel.

Bei schwachen Athembewegungen betragen die in- und exspiratorischen Druckdifferenzen bloss etwa 2—3 Millimeter Hg (Valentin); sehr starke Ausathmungsanstrengungen können aber das Hg auf 80, 100 und mehr Millimeter positiven Druckes heben, die entsprechenden Inspirationswerthe sind dagegen etwas geringer.

Dieses Verfahren, welches weder den Ein- noch Austritt der Luft gestattet, giebt nur vergleichweis brauchbare Resultate. An Thieren hat Valentin das seitliche Einsetzen eines Manometers in die Luftröhre angewandt.

230. Elasticität der Lunge.

Die Wandungen der luftführenden Canäle befinden sich in einem beständigen Zustand von Spannung; sie müssen also sich beständig zusammenzuziehen streben. Macht man eine Wunde in die Brustwandung eines Lebenden oder Todten, so sinkt der entsprechende Lungenflügel zusammen und treibt vermöge seiner, vorher unausgesetzt in Anspruch genommenen Elasticität die enthaltene Luft aus.

Bei unversehrter Brustwand wird das Zusammenfallen der Lungen verhütet durch den von Mund und Nase her einseitig wirkenden Luftdruck, welcher die

Aussenfläche der Lungen an die Innenwand des Brustkorbs hält. Nach Eröffnung des Thorax aber ist die Aussenfläche der Lunge demselben Luftdruck ausgesetzt, wie die Innenfläche, so dass jetzt die Elasticität des Gewebes allein in Wirkung kommt.

Befestigte Carson ein Manometer in die Trachea des Cadavers, so wurde durch das Zusammensinken der Lungen das im Manometer befindliche Wasser um etwa 1 Fuss gehoben. Donders erhielt niederere Werthe; hatte er die Lunge in das Maximum ihrer Füllung gebracht, so konnte sie bei ihrer Zusammenziehung einen Druck von 18 und mehr M. m. Hg ausüben.

Die Elasticität der Lunge spielt demnach eine wesentliche Rolle bei den Athembewegungen. Die Inspiration ist begleitet von stärkerer Dehnung der Wandungen der luftführenden Canäle und zwar in den feineren Bronchien in relativ höherem Grad als in den grösseren, in den Lungenzellen verhältnissmässig am meisten. Bei der Exspiration aber geben die gedehnten Wandungen den Druck wieder zurück, ihre elastischen Kräfte unterstützen also die Thätigkeit der Exspirationsmuskeln.

231. Rhythmik der Athembewegungen.

Die Athembewegungen erfolgen ohne Unterlass während des ganzen Lebens, jedoch, wie die Herzbewegungen, mit mannichfaltiger Abänderung ihres durchschnittlichen Rhythmus.

Die Athemfrequenz im Zustand vollkommener Körperruhe, d. h. die Zahl der Athemzüge, beträgt durchschnittlich 12 in der Minute; sie nimmt bedeutend zu, namentlich bei starken körperlichen Anstrengungen.

Die Respirationsfrequenz 12 (Funke zählte $13^1/_2$) setzt nicht bloss vollkommene Körperruhe, sondern auch die Abwesenheit aller, Hals, Brust oder Bauch auch nur im geringsten beengenden Kleidungsstücke, sowie endlich vollkommen unbefangenes Athmen voraus. Die meisten Menschen athmen abnorm schnell, sowie sie wissen, dass ihre Respiration beobachtet wird. Aus diesen Gründen erklären sich viele, das richtige Maass allzu weit überschreitende Angaben über Respirationsfrequenz.

Zum genaueren Studium der Rhythmik der Athembewegungen benutzte Vierordt das graphische Verfahren. Ein einfacher Hebel wurde so auf das Abdomen gelegt, dass sein vorderes Ende mittelst eines Pinsels die respiratorischen Bauchbewegungen schwach vergrössert auf das Kymographion verzeichnete Zur Untersuchung der schwachen Athembewegungen kleiner Thiere diente der Sphygmograph (158).

Die Athembewegung im Zustand vollkommener Körperruhe zerfällt in 4 Stadien: 1) Einathmung, 2) Einathmungspause (nur sehr selten vorhanden), 3) Ausathmung, 4) Ausathmungspause; diese nimmt etwa $^1/_5$ der Dauer eines ganzen Athemzuges ein; sie fehlt immer bei irgend etwas frequenterem Athmen.

Die Dauern der einzelnen Athembewegungen einer längeren Versuchsreihe variiren, im Ruhezustand des Körpers, etwa um das zweifache; sehr bedeutend aber variiren sie beim Sprechen und Vorlesen.

Wird die Zeit der Inspiration = 10 gesetzt, so beträgt die der Exspiration (sammt Pause) 14 (träge Athemzüge) bis 24 (schnelle Athemzüge,

d. h. solche mit relativ viel kürzern In- als Exspirationszeiten). Mit Abnahme der Athemfrequenz werden die Athemzüge „schneller“.

Die Höhen der graphisch verzeichneten Athemcurven einer Versuchsreihe variiren in der Körperruhe etwa um 70 %, sehr viel stärker aber beim Sprechen und Vorlesen.

Die graphische Methode zeichnet die Zeiten untadelhaft auf; es handelt sich nur darum, ob die Versuchspersonen unbefangen athmeten. Einen Beweis dafür liefern wohl die an Hunden und Kaninchen gewonnenen Ergebnisse, welche die an Menschen erhaltenen im Allgemeinen bestätigen. Die Normen dieses Paragraphen beziehen sich nur auf das (bei den männlichen Versuchspersonen normale) sog. Bauchathmen.

232. Volumverhältnisse der Athem- und Lungenluft.

Eine Exspiration im Zustande des ruhigen, unbefangenen und daher seltenen Athmens fördert etwa 500 Cubikcentimeter Luft (reducirt auf Körperwärme und Barometermittel) hervor. Diess giebt, bei 12 Athemzügen, in 1 Minute 6000, in 24 Stunden 9—10 Millionen C. C. M. (für letztere Zahl eine ruhige Lebensweise und ungefähr eine Compensation der stärkeren Athemvolume bei Bewegungen durch die geringeren Werthe während des Schlafes vorausgesetzt).

In 24 Stunden werden nach Scharling ausgeathmet 443000 C. C. M. Kohlensäure; der mittlere Kohlensäuregehalt der Athemluft beträgt 4,3 %; was wiederum etwas über 10 Millionen C. C. M. Athemvolum in 24 Stunden ergäbe. — Das Luftvolum einer Exspiration wird ausserordentlich verschieden angegeben, selbst Werthe unter 100 C. C. M. kommen vor!

Ausserdem kommt in Betracht die Füllung der Lungen mit Luft. Man hat zu unterscheiden:

1) Die den einzelnen Körperzuständen entsprechenden Luftfüllungen, also z. B. Ruhe, Bewegung, Verdauung u. s. w. Man vollbringt, nachdem eine dem Zustand entsprechende Inspiration vorangeschickt wurde, eine möglichst starke Exspiration. Das so erhaltene Luftvolum beträgt etwa 1600—1800 C. C. M. Dazu ist noch, da die Lungen bei weitem nicht vollständig entleert werden können, ein, beim Einzelindividuum unbestimmbarer, weiterer Werth zu rechnen, etwa 1200 C.C.M. (Residualluft Hutchinson's).

Manche schlagen die Residualluft bis zu 2000 C. C. M. an. Unpassend ist die Bestimmung dieses Werthes am Leichnam, indem durchaus nicht angenommen werden darf, dass die Lungenfüllung hier dem Zustand der grösstmöglichen Exspiration entspreche.

2) Maximalfüllung (sog. Vitalcapacität Hutchinson's). Man lässt möglichst tief inspiriren und dann ebenso stark exspiriren. Ein mittelgrosser Mensch fördert dabei 3200 C. C. M. hervor. Die Residualluft mitgerechnet würde die Maximalfüllung des Respirationsapparates etwa 4400 C. C. M. betragen

Je geringer das Athembedürfniss gerade ist, desto mehr entfernt sich das im Respirationsapparat enthaltene Luftvolum von der Maximalfüllung; so namentlich im Schlaf, bei Körperruhe. Beim lauten und anhaltenden Sprechen werden oft Inspirationen gemacht, welche die Maximalfüllung erreichen; dasselbe ist der Fall in vielen Zuständen krankhafter Athemnoth.

Die gewöhnlichen Füllungsgrade der Lungen (die für Physiologie und Pathologie gerade das meiste Interesse haben) sind schwer zu untersuchen, weil

fast alle Versuchspersonen dann abnorm athmen. Die Maximalfüllungen liefern wenigstens einigermaassen vergleichbare Werthe. Hutchinson hat letztere Frage zuerst genauer untersucht und gezeigt, dass eine Reihe von physiologischen und pathologischen Zuständen hier maassgebend ist. Den grössten Einfluss übt die Körperlänge.

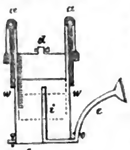


Fig. 43.

Hutchinson's Apparat (Spirometer), Fig. 43, zur Ansammlung der Athemluft ist ein einfacher Gasometer. Er besteht aus dem unten geschlossenen Cylinder *c*, in welchem der oben geschlossene, unten offene Cylinder *d* steckt. Der Apparat ist bis *w* mit Wasser gefüllt, über welches Röhre *i* hervorragt. Letztere communicirt mit der mit einem Mundstück versehenen elastischen Röhre *e*. Die durch *e i* eingetriebene Ausathmungsluft erhebt den Cylinder *d*, an dessen Scala die Luftvolume, nach Abschluss von *e* durch den Hahn, abgelesen werden. Gleichheit der Spannung der inneren und äusseren Luft wird erhalten durch 2 Gewichte, die an Schnüren hängen, die über die Rollen *a* geschlagen sind.

233. Respiratorische Formänderungen des Thorax.

Die respiratorischen Erweiterungen und Verengerungen des Thoraxraumes erfolgen nach allen Richtungen:

1) Längsdimension. Zur inspiratorischen Vergrösserung des Brustraumes in der Richtung von oben nach unten dient ganz vorzugsweis das Zwerchfell, welches, während der Einathmung thätig, nach abwärts und vorwärts sich bewegt. Während der exspiratorischen Verkleinerung der Längsdimension steigt das Zwerchfall passiv wieder aufwärts.

2) Die beiden anderen Dimensionen, d. h. der horizontale Querschnitt des Thorax, werden verändert durch die Rippenbewegungen. Die nach aussen konvexen Rippen sind verbunden mit den Brustwirbeln durch zwei, eine sehr mässige Beweglichkeit gestattende Gelenke; die Knorpel der wahren Rippen mit dem Brustbein durch straffe Gelenke. Die falschen Rippen hängen nur indirekt mit dem Brustbein zusammen, die zwei untersten sind ganz frei. Die Elasticität der Rippenknorpel ist jedenfalls bei den Rippenbewegungen wichtiger, als deren Gelenke mit dem Brustbein.

Die Rippen drehen sich um eine durch ihre beiden hinteren Articulationen, also von innen und vorn nach aussen und hinten gelegte Axe (Helmholtz); das vordere Ende der Rippen liegt tiefer als diese Axe und ist sehr weit von letzterer entfernt. Desshalb kann, wenn man die Rippen vom Brustbein trennt, eine kleine Rotation um genannte Drehaxe die vorderen Rippenenden 1) verhältnissmässig stark heben und 2) zugleich von der, den Thorax in zwei symmetrische Hälften theilenden, Medianebene entfernen. Bei der Verbindung aber der Rippen mit dem Brustbein ist die letzterwähnte zweite Bewegung nicht möglich, wohl aber die Erhebung der Rippen, so zwar, dass sie während der Inspiration grössere Kreise um den Thorax beschreiben. Diese Bewegungen tragen sich über auf das Brustbein, welches nach vorn und etwas nach aufwärts steigt. Dabei findet ein Torsion der Rippenknorpel statt (H. Meyer), deren Elasticität die exspiratorische Senkung unterstützen muss.

Die falschen Rippen, sowie die, mit langen Knorpeln versehenen, untersten wahren sind vom Brustbein viel unabhängiger. Die inspiratorische Erhebung und exspiratorische Senkung ihrer vorderen Enden ist relativ viel weniger stark

ausgesprochen als die mehr horizontale Auswärts- und Einwärtsbewegung. Die Erweiterung der einzelnen Rippenringe erfolgt somit bei den oberen Rippen mehr durch Drehung, wobei sich der untere Rippenrand etwas mehr nach auswärts, der obere nach einwärts bewegt; bei den unteren Rippen dagegen mehr durch einfaches Auseinanderweichen.

234. Respirationsmuskeln.

Es handelt sich hier, wie bei allen Bewegungen, an denen sich mehrere Muskeln betheiligen, nicht um die möglichen, sondern um die wirklichen Leistungen der Muskeln. Die möglichen Leistungen ergeben sich aus den anatomischen Thatsachen unmittelbar, die wirklichen nur aus den physiologischen Versuchen. Diese aber sind gerade hier, sowohl was Princip und Fragestellung, als Versuchstechnik betrifft, mit den grössten Schwierigkeiten verbunden. Die Elimination z. B. der Betheiligung eines bestimmten Muskels kann kompensatorische Wirkungen anderer hervorrufen, jedenfalls Zustände, die der ungestörten Athmungsmechanik nicht entsprechen. Den natürlichen Ausgangspunkt der Betrachtung bildet ein genaues Studium der äusseren Formänderungen der Brust und des Unterleibes während der Respiration, wobei es sich um gleichzeitige Beobachtung möglichst vieler Punkte handelt, an denen Grösse, Richtung und der bisher vollkommen vernachlässigte Beginn der Bewegung zu messen wäre. Dass hier nur ein sehr komplicirtes (und nach den Körperstellungen des Respirirenden mehrfach abzuänderndes) selbstregistrirendes Verfahren zum Ziel führen kann, versteht sich von selbst. Diese Aufgaben sind aber noch nicht in Angriff genommen worden.

I. Inspirationsmuskeln. Der hauptsächlichste Einathmungsmuskel ist das Zwerchfell, dessen Abflachung zunächst die Längsdimension des Thoraxraumes vergrössert. Ausserdem erhebt und erweitert der Muskel die unteren Rippenringe bedeutend (Beau und Maissiat); ja noch mehr, seine erstgenannte Wirkung ist gehemmt, wenn diese Erweiterung verhindert wird. Schneidet man bei unversehrter Bauchhöhle die oberen Rippenringe weg, so nimmt nach galvanischer Reizung des Zwerchfelles oder des Nervus phrenicus die untere Apertur des Rippenkorbes zu. Reizte Duchenne mittelst der Schläge der Inductionsmaschine beide N. phrenici am Menschen (sie sind dem Strom zugänglich am äusseren Rand des Sternocleidomastoideus, oberhalb des Omohyoideus), so erweiterte sich die untere Thoraxapertur bedeutend unter einem, durch den schnellen Lufteintritt verursachten, seufzenden Geräusch. Der Druck des sich abplattenden Zwerchfells trifft also die Bauchorgane und diese drängen die unteren Rippen auseinander.

Legt man Bänder um die unteren Rippen, welche das Auseinanderweichen derselben hemmen, so ist die Thätigkeit des Zwerchfells sehr behindert, die inspiratorische Wölbung des Bauches, sowie die durch die exspiratorische Bauchpresse austreibbaren Luftmengen sind alsdann sehr gering. Würden die unteren Rippen unbeweglich bleiben, so müsste das Zwerchfell sich sehr viel mehr verkürzen, um eine bestimmte Vergrösserung des Thorax in der Längsdimension zu bewirken. Man hat desshalb keinen Grund, nach Muskeln zu fragen, welche die Rippen fixiren und dadurch dem thätigen Zwerchfell die vermeintlichen festen Anhaltspunkte geben sollen. Schon Galen schrieb dem Diaphragma die inspiratorische Erweiterung der unteren Thoraxapertur zu.

Ueber die Rolle der Intercostalmukeln besteht ein alter, ungeschlichteter Streit. Wahrscheinlich verdient die, namentlich von Haller vertretene, Ansicht den Vorzug, welche die äusseren und inneren Intercostalen als Inspiratoren betrachtet. Diese Muskeln haben noch die Aufgabe, die Rippeninterstitien nahezu konstant gross zu erhalten. Die Levatores costarum, zwar schwache Muskeln, aber bei nicht ungünstigen Insertionen, sind Inspiratoren.

Bei der gewöhnlichen, d. h. oberflächlichen und langsamen Einathmung kommt nur das Zwerchfell, und zwar in sehr mässige, Contraction. Die Wirkung ist dann eine geringe, aber allseitige Erweiterung der unteren Rippenringe und eine schwache Wölbung des Abdomens. Die Erweiterungen der unteren Rippenringe erfolgen aber nicht gleichmässig nach den zwei Hauptrichtungen: vorn-hinten und rechts-links. Dieser Gegensatz macht sich besonders geltend beim tiefen und zugleich schnellen Einathmen. Entweder wir vergrössern ganz vorzugsweise den Rechts-links-Durchmesser des Brustkorbs, wobei das Abdomen plötzlich abschwillt; oder wir vergrössern vorzugsweise den Thoraxdurchmesser von vorn nach hinten, unter gleichzeitiger bedeutender Anschwellung des Bauches. Ersteres wird gewöhnlich als Brustathmen, letzteres als Bauchathmen bezeichnet. Bei jenem sind die Intercostalmuskeln, bei diesem das Zwerchfell vorwiegend betheiligt. Beide Arten des Athmes wechseln vielfach je nach Körperstellungen, Kleidungsweisen u. s. w.

II. Exspirationsmuskeln. Die gewöhnlichen, d. h. langsamen und kleinen Exspirationen erfolgen ohne aktive Muskelbetheiligung. Während der Inspiration sind zahlreiche Federkräfte mehr in Anspruch genommen worden; vorzugsweis das Lungengewebe (230), die Abdominaleingeweide, die Rippen und Rippenknorpel (233). Mit Nachlass der Zwerchfellcontraction müssen die elastischen Kräfte dieser Theile rückwirken; es erfolgt eine langsame und mässige Verkleinerung des Thoraxraumes sammt passivem Aufwärtsdrängen des Zwerchfells. Nach tiefer Inspiration machen sich diese Federkräfte zu Gunsten der Exspiration viel stärker geltend.

Bei tieferen oder schnelleren Exspirationen wirken aktiv die Muskeln der Bauchwand, der triangularis sterni und quadratus lumborum.

Der quadratus kommt besonders nach solchen Inspirationen in Thätigkeit, welche vorzugsweise den Seitendurchmesser der unteren Thoraxapertur erweiterten; die letzte Rippe und successiv die übrigen werden dann kräftig nach abwärts und einwärts gezogen und die vordere Bauchwand gewölbt, wobei ein Aufwärtsdrängen des Zwerchfells nicht ausgeschlossen bleibt. Die Muskeln der Bauchpresse können hier nicht als active Exspiratoren wirken, wohl aber nach jenen Inspirationen, die mit Wölbungen des Abdomens vorzugsweise verbunden sind.

Die Zahl der Athemmuskeln ist viel geringer, als von Manchen angenommen wird. Bei gewissen Zuständen von Athemnoth können allerdings noch viele anderweitige Muskeln betheiligt sein. Bei fixirter Wirbelsäule heben die Scaleni die zwei obersten Rippenpaare, die serrati postici superiores die zweite bis fünfte Rippe. Bei fixirtem Kopf kann der Sternocleidomastoideus Sternum und Clavikel etwas in die Höhe ziehen; nach Fixation der Schulterblätter können die (unteren Zacken der) serrati antici majores, die pectorales minores und subclavii, und nach Fixation der oberen Extremitäten die pectorales majores zunächst je ihre zugehörigen Rippen heben. Alle Muskeln tragen bloss ihrerseits das Mögliche bei, dass die Lungen im Maximum der Luftfüllung gehalten werden; zur eigentlichen Ventilation dienen sie nicht, sie sind keine eigentlichen Inspiratoren.

235. Nervenwirkungen.

I. Nerven der Athmungsmuskeln. Der hauptsächlichste Zwerchfellsnerv ist der Phrenicus (Hauptquelle: 4. Cervicalnerv). Nach Durchschneidung beider Phrenici hört das Zwerchfellathmen auf, und die Intercostalmuskeln heben nunmehr den Brustkorb stärker. Die Operation wurde früher, offenbar aus theoretischen Gründen, für lethal angesehen; bei Kaninchen z. B. ist diess nach Budge durchaus nicht der Fall.

Die Zwischenrippen- und Bauchmuskeln werden versorgt von den thoracischen Rückenmarksnerven.

II. Nerven des Respirationsapparates. Diese stammen vom Vagus, Accessorius und Sympathicus. Die Vagusfasern sind sensibel, die des Accessorius motorisch. Der Vagus empfängt vom Accessorius dessen inneren Ast und wird schon dadurch, abgesehen von anderen Beimischungen, ein gemischter Nerv. Der N. laryngeus superior des Vagus ist vorzugsweis sensibel, er versorgt ausser der Kehlkopfsschleimhaut nur den M. cricothyreoideus (Longet). Die Schleimhaut des Kehlkopfes ist höchst empfindlich; alles andere, ausser der Atmosphäre, verursacht Reizung und dadurch Hustenbewegungen. Der vorzugsweise motorische N. laryngeus inferior beherrscht die übrigen Kehlkopfmuskeln. Die Trachea empfängt Vagus- und Sympathicusfasern.

Die Lungenzweige des Vagus bilden jederseits einen Plexus pulmonalis, der sympathische Beimischungen erhält aus dem oberen Brust- und unteren Halsmark des Grenzstranges. Die Zweige des Lungengeflechtes versorgen die Schleimhaut sowie die organischen Muskelfasern der Bronchien und begleiten zunächst die Lungengefässe, deren Lumina sie beherrschen.

Nach Durchschneidung beider Vagi am Hals sinkt die Zahl der Athemzüge bedeutend (anfangs etwa auf die Hälfte, später selbst auf $^1/_3$—$^1/_4$ der Norm); die Inspirationen sind tief, schleppend, mühsam und pfeifend, die Exspirationen dagegen sehr kurz, die Exspirationspausen absolut und relativ lang und zwar nimmt ihre Dauer, sowie die Dauer eines ganzen Athemzuges, bis zum Tod des Thieres immer mehr zu.



Fig. 44.

Die punktirte Linie, Fig. 44, stellt normale Athemkurven eines Hundes dar, die ausgezeichnete dagegen solche, 96 Stunden nach Durchschneidung der Vagi, kurz vor dem Tode.

Das arterielle Blut wird dunkeler; sonst lebhaft rothe Theile, wie die Lippen, färben sich bläulich; die Körperwärme sinkt stark. Die Thiere bieten alle äusserlichen Zeichen von Athemnoth, wobei freilich unentschieden bleibt, ob sie zugleich die entsprechenden subjektiven Gefühle haben.

Junge Kaninchen und Hunde gehen nach etwa 1 Tag, ältere nach 2—6 Tagen zu Grunde; nur ganz ausnahmsweis kann das Leben, unter theilweiser Regene-

ration von Nervenfasern, Wochenlang erhalten werden. Durchschneidung eines Vagus ist nicht tödtlich; dagegen tritt der Tod auch dann ein, wenn der zweite Vagus erst 4 Wochen nach dem ersten durchschnitten wird. Die Section ergiebt weitverbreitete Stockungen und Gerinnungen des Blutes in den Gefässen und Ausschwitzungen in beiden Lungen.

Die doppelte Vagustrennung am Hals lähmt auch die unteren Kehlkopfnerven, also nahezu alle Kehlkopfmuskeln, namentlich auch die Erweiterer der Stimmritze. Das Einathmen muss also, in Folge des Zusammenfallens der Stimmbänder, durch die verengte Stimmritze mühsam werden. Wird gleichzeitig eine Trachealfistel angelegt, welche den Luftwechsel der Lungen direkt gestattet, so sind die Athembeschwerden zwar geringer, die Athemzüge aber nichts desto weniger seltener, obschon nicht in dem Grade, wie bei der gewöhnlichen Vagustrennung. Die Thiere gehen aber, auch nach Anlegung der Fistel, an der Lungenaffektion zu Grund.

Durchschneidung der unteren Kehlkopfnerven setzt bloss die Kehlkopfwirkungen der Vagustrennung. Die Athembewegungen erfolgen mühsam, aber ohne die die Vagustrennung charakterisirenden dazwischenliegenden langen Pausen. Hunde und Kaninchen können die Operation wochenlang überleben. Die Kaninchen athmen in der Ruhe sogar ohne auffallende Schwierigkeiten; erst wenn die Thiere aufgeregt werden, oder sich bewegen, wird ihr Athmen röchelnd (Panum). Katzen, namentlich junge, sterben sogleich nach der Operation an Erstickung. Die Wirkung der Recurrensdurchschneidung hängt demnach vom Bau der Stimmritze ab. Die Lungenaffektion tritt nicht ein nach dieser Operation.

Die Lungenaffektion nach Durchschneidung der Vagi kann also nicht von, im Kehlkopf liegenden mechanischen Athembehinderungen abgeleitet werden, jedenfalls nicht einseitig. Die Ursache liegt grossentheils in dem Wegfall der Thätigkeiten der Lungennerven, wobei es unentschieden bleiben muss, ob mehr die Erweiterungen der Lungengefässe, oder direktere Wirkungen der Nerven auf das Lungenparenchym maassgebend sind.

Valentin fand nach Durchschneidung beider Vagi eine Minderung der ausgeathmeten Kohlensäure, jedoch nur um etwa $^1/_7$ des Normalwerthes, während die Sauerstoffabsorption absolut und namentlich relativ zunimmt. Diese Veränderungen sind mit Valentin ausschliesslich auf die mechanischen Athemhindernisse zurückzuführen; alle Zustände von Athemhemmung sind nämlich charakterisirt durch eine die Norm weit übersteigende Sauerstoffabsorption gegenüber der Kohlensäureabgabe.

Reizt man, nach Durchschneidung beider Vagi am Halse, mittelst der Schläge der Inductionsmaschine die Nerven unterhalb der Schnittstelle, so verändern sich die Athembewegungen nicht; während nach Reizungen oberhalb der Schnittstelle die Respirationsbewegungen vorübergehend stille stehen und zwar im Zustand tiefer Inspiration (Traube); schwächere Ströme machen nach Schiff die Athemzüge wenigstens seltener. Die gereizten Vagi modificiren also auf dem Wege des Reflexes die Thätigkeiten der Athemmuskelnerven.

236. Centralorgan der Athembewegungen.

Dasselbe liegt, wie Legallois zeigte, in einer beschränkten Stelle des verlängerten Markes in der Nähe der Vagusursprünge. Schon Galen erkannte in seinen Versuchen, dass Verletzungen des „Anfanges des Rückenmarkes" rasch tödten. Man kann das grosse und kleine Hirn schichtweis abtragen ohne Vernichtung der Athembewegungen (kopflose Missgeburten können Athembewegungen ausführen); ferner lässt sich das Rückenmark von unten an schichtweis durch-

schneiden und damit nur die Athembewegungen der von den respectiven Rückenmarksnerven versorgten Stammmuskeln vernichten, und zwar bestätigte Schiff die Vermuthung C. Bell's, dass in den Seitensträngen die Leitbahnen für die Athembewegungen enthalten seien. Nach Durchschneidung eines Seitenstrangs, z. B. im Cervicaltheil des Rückenmarks sah Schiff die Athembewegungen der Muskeln derselben Seite, die von Nerven unterhalb der Schnittstelle versorgt werden, aufhören.

Nach Verletzung aber des Respirationscentrums in der Medulla oblongata sind die Athembewegungen sogleich vernichtet. Theilt man das verlängerte Mark in 2 symmetrische Hälften, so dauern die Athembewegungen noch fort (Volkmann). Jede Körperseite hat also ihr eigenes Respirationscentrum. Nach Schiff sind beide Centra durch graue Zwischenmasse geschieden und liegen zunächst hinter der Austrittstelle der Nervi vagi, zu beiden Seiten der hinteren Spitze der Rautengrube.

Reizungen des verlängerten Markes mindern die Zahl der Athemzüge. In gleicher Weise wirkt der Hirndruck; er kann die Athembewegungen auf die Hälfte und noch stärker herabsetzen. Hegelmaier, welcher durch eine Trepanöffnung das Hirn von Kaninchen komprimirte und die Athembewegungen durch die graphische Methode aufzeichnen liess, fand während des Bestehens des Druckes im Vergleich zu den normalen Athembewegungen: 1) geringere Schwankungen der Dauern der einzelnen Athemzüge, 2) grössere Schwankungen der einzelnen Inspirationszeiten, geringere dagegen der einzelnen Exspirationszeiten und 3) schnellere Athemzüge. Während die seltenen Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi träge Inspirationen zeigen, bieten die seltenen Athemzüge des Hirndruckes „schnelle" Inspirationen, d. h. relative Präponderanzen der Exspirationsdauern.

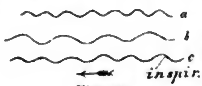


Fig. 45.

Fig. 45 stellt nach Hegelmaier in *a* normale Athemcurven eines Kaninchens dar, in *b* solche während des Hirndruckes, in *c* unmittelbar nach Aufhören des Druckes, wobei die Athemzüge an Zahl schnell wieder zunehmen.

Die Athembewegungen erfolgen in der Regel unwillkürlich, also auch im Schlafe, in bewusstlosen Zuständen. Wir können dieselben aber willkürlich modificiren; die Nerven der Respirationsmuskeln sind ausnahmslos Hirn- und Rückenmarksnerven. Reflexe auf die Athemmuskeln sind sehr häufig; eine Menge von Reizen sensibeler Nerven setzen reflectirte Einathmungen, z. B. kaltes Wasser, Kitzeln der Haut. Reflectirte Ausathmungen sind selten (s. 237).

Die Ursache der Periodicität der Athembewegungen ist nicht erklärt. Man stellt dieselben häufig unter die sog. automatischen und nimmt an, dass im verlängerten Mark successiv Reize zur Geltung kommen, die endlich in eine Anregung der Nerven der Einathmungsmuskeln ausschlagen. Andere fassen den Vorgang als eine Reflexbewegung auf und lassen dem verlängerten Mark sowohl vom ganzen Körper Erregungen zuführen, als auch von den Lungen aus durch die Vagi: eine Anschauung, die wir aber hier nicht specieller auseinandersetzen können. Nur mag angedeutet werden, dass die Proportionalität zwischen

dem Gaswechsel in den Lungen und den Geweben nur erreichbar ist durch, dem jeweiligen Zustand entsprechende Athembewegungen. Die Theorie hätte vor allem zu erklären das rhythmische Zustandekommen der Inspirationsbewegungen; beim ruhigen unwillkürlichen Athmen greifen keine Exspirationsmuskeln activ ein.

237. Specifische Athembewegungen.

Hierher gehören in gesunden, wie kranken Zuständen sehr zahlreich vorkommende Modifikationen des gewöhnlichen Athemrhythmus. Dieselben erfolgen mit oder ohne Willensbetheiligung.

I. Wesentliche Exspirationsacte. 1) Husten. Er besteht in der Regel aus mehreren, kurzen, stossenden Ausathmungen, wobei die Luft unter schallendem Geräusch ausgetrieben wird. Er erfolgt sogleich nach Reizung der Larynxschleimhaut, z. B. durch fremde Körper. 2) Niesen. Meist geht voran ein Kitzelgefühl in der Nase und eine tiefere Inspiration, welcher eine kräftige Exspiration nachfolgt. Diese treibt die Luft heftig durch die Nase und reisst dort angesammelten Schleim unter Geräusch mit sich fort. 3) Lachen. Schnell auf einander folgende kurze, stossende Ausathmungen, verbunden mit eigenthümlichen in der Stimmritze gebildeten Tönen, sowie in der Regel mit Oeffnung des Mundes und Contraction der M. zygomatici.

Die folgenden drei Akte erfolgen immer willkürlich. 4) Schneuzen. Durchtreiben eines kräftigen Luftstromes durch die Nase zur Entleerung des angesammelten Schleimes. 5) Räuspern. Der Luftstrom wird schnell und kräftig in den Pharynx und Hintermund getrieben, wobei die Wandungen dieser Theile vibriren und anhaftende Schleimmassen abstossen helfen. 6) Gurgeln. Flüssigkeiten werden bei zurückgebeugtem Kopf in den Hintermund gebracht und, bei zugleich verengter Rachenöffnung, durch schnell aufeinander folgende kurze Ausathmungen in Bewegung gesetzt, wobei die Luftblasen ein eigenes Geräusch bewirken. Der Abfluss des Wassers in den Pharynx nnd Larynx wird durch den von unten kommenden kräftigen Luftstrom verhütet.

II. Reine Inspirationsacte. 7) Schluchzen. Abgebrochene, kurze, heftige, durch das Zwerchfell vermittelte Inspirationen, vereinzelt oder in Absätzen aufeinander folgend. Das plötzliche Eindringen von Luft in den Kehlkopf bedingt das specifische Geräusch.

III. Combinationen von Ein- und Ausathmungen. 8) Gähnen. Eine tiefe und langsame Einathmung mit nachfolgender, oft lauter Exspiration. Der Mund wird meist weit geöffnet und die Muskeln am Boden der Mundhöhle vermitteln ein eigenthümliches Gefühl. 9) Seufzen. Langsame, tiefe, meist durch den Mund erfolgende Einathmung, mit ebenso beschaffener, sowie von einem charakteristischen Ton begleiteter Ausathmung.

Bemerkenswerth ist die so häufige Verbindung der unter 3, 7, 8 und 9 genannten Bewegungen mit bestimmten psychischen Stimmungen.

C. Perspiration und Schweissbildung.

238. Perspiration.

Die allgemeinen Bedeckungen vermitteln in Berührung mit der Atmosphäre einen Gaswechsel, welcher der Lungenrespiration zwar qualitativ analog, quantitativ genommen aber durchaus unähnlich ist.

Die Cutis giebt nämlich her 1) grosse Mengen Wassergas; bei mittleren Temperaturen und mässig bewegtem Leben, etwa das Doppelte des Respirationswassers, d. h. 660 Grammen täglich. 2) Sehr kleine Mengen Kohlensäuregas'; nach Scharling $^1/_{50}$, nach Regnault (der nur an Thieren experimentirte) etwa $^1/_{100}$ der Lungenkohlensäure, also 10 bis höchstens 20 Grammen im Tag. 3) Vielleicht minime Mengen Stickgas.

Andererseits nimmt die Haut aus der Luft etwas Sauerstoffgas auf; zum Unterschied aber von der Respiration giebt sie grössere Kohlensäurevolume (nach Gerlach 2—5 fach grössere) her, als sie Sauerstoffvolume aufnimmt.

Die Stärke der Perspiration hängt zunächst ganz vorzugsweis ab von dem Blutreichthum der Haut, d. h. den Blutmassen, die durch die Hautcapillaren fliessen und die unter verschiedenen äusseren, wie im Körper selbst liegenden, Bedingungen im höchsten Grade wechseln. Die Perspiration nimmt zu: 1) mit der Luftwärme. In der Kälte ist die Haut niederer temperirt und blutärmer, trockener, d. h. die Parenchymsäfte der Lederhaut selbst minder reichlich und die Epidermis wasserärmer. In der Wärme dagegen wird die Haut weicher und saftreicher, indem ihr viel grössere Blutmengen zuströmen. 2) Mit abnehmendem Wassergehalt der Luft. Je trockener die Luft, desto begünstigter wird die Wasserverdunstung. 3) Mit zunehmender Bewegung der Luft, vorausgesetzt, dass dieselbe nicht zu nieder temperirt ist. 4) Bei körperlicher Bewegung. Auch die Kohlensäureabgabe steigt hier (Gerlach). 5) Nach reichlichem Trinken und 6) bei bestimmten Bekleidungsweisen. Diese dürfen namentlich in der Wärme die Wasserverdunstung nicht beeinträchtigen (sonst entsteht Schweiss), in der Kälte dagegen die Haut nicht allzusehr abkühlen lassen (sonst würde die Perspiration auf ein Minimum herabgedrückt).

Bei der Perspiration fällt zwar die Wasserverdampfung allein ins Gewicht; gleichwohl aber bleibt der übrige, der Respiration analoge Gaswechsel sehr bemerkenswerth; beim Frosch ist die Hautathmung sogar wichtiger als die Respiration. Dass die Haut die Bedingungen des Gaswechsels wirklich besitzt, beweist auch die Möglichkeit der Absorption giftiger Gasarten durch die Cutiscapillaren.

Eine Methode zur Untersuchung der Hautperspiration wurde 218 erwähnt. Eine zweite, ältere besteht in Einbringung einer oberen Extremität in einen, durch eine passende Sperrflüssigkeit abgeschlossenen, Gasraum. Versuche letzterer Art, ausgeführt mit den neueren Hülfsmitteln der Eudiometrie wären sehr wünschenswerth. Die 24 stündige Wasserabgabe der Haut wird am besten aus dem Rest bestimmt, der übrig bleibt vom Wassergehalt der Getränke und Speisen, nach Abzug des Urin- und Respirationswassers.

239. Schweiss.

Er tritt immer dann ein, wenn bei blutreicher Haut das Perspirationswasser nicht schnell genug verdunsten kann. Der Schweiss ist örtlich oder

allgemein. Alle im vorigen Paragraphen angegebenen Ursachen, welche die Perspiration steigern, rufen, bei erhöhter Wirksamkeit, Schweiss hervor, namentlich sehr warme und feuchte Luft, (im höchsten Grade im Dampfbad, wo das Wasser von der Haut herabrinnt), ferner Körperanstrengungen und Verhütung der Wasserverdampfung durch Einwickelungen. Gewisse Individuen sind in hohem Grade, andere viel weniger zum Schwitzen geneigt. Einflüsse des Nervensystems (Angstschweiss u. s. w.) sind nicht zu läugnen.

Der an sich farblose Schweiss kann, namentlich zu Anfang der Secretion, etwas trüblich werden durch abgestossene Epidermiszellen, auch wohl durch beigemischtes Talgdrüsensecret. Der frische Schweiss reagirt schwach sauer; sein, an gewissen Körperstellen (Achselgrube, Fusssohle) und bei manchen Menschen besonders auffallender, Geruch rührt vorzugsweis von verschiedenen flüchtigen Säuren her.

Die Menge der Fixa beträgt durchschnittlich etwas über 1 %; sie schwankt nach Schottin und nach Funke zwischen $^3/_4$ bis selbst $2^1/_2$ %. Die höheren Concentrationen kommen vor bei geringerer Secretion, die geringen nach starkem Wassergenuss. Die unorganischen Bestandtheile, in welchen Chloralkalien überwiegen, betragen mindestens $^1/_2$ des festen Rückstands. Ammoniaksalze, die früher im Schweiss in kleinen Mengen angenommen wurden, kommen im frischen Secret nicht vor, wohl aber nach Zersetzung Stickstoffhaltiger Bestandtheile desselben. Harnstoff etwa 1 pro mille ist von Picard und Funke nachgewiesen. Ausserdem flüchtige Säuren, namentlich aus der Gruppe der Ameisensäure, nach Schottin besonders Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure. Endlich kleine Mengen Fette, und zwar auch an Stellen, die keine Talgdrüsen enthalten.

Der Schweiss wird nach Schottin am besten angesammelt durch luftdichten Abschluss einer Extremität in einem Kautschucksack. Bei dieser, nur zeitweise auftretenden und nach äusseren und inneren Bedingungen so sehr wechselnden Secretion kann von einer Angabe der mittleren Mengen nicht wohl die Rede sein Funke erhielt am Arm, dessen Oberfläche etwa $^1/_{17}$ der ganzen Hautoberfläche bildet, innerhalb einer Stunde 4 bis 48 Grammen Schweiss (letztere Menge bei angestrengter Bewegung).

240. Organe der Perspiration und Schweissbildung.

Die Cutis bietet auf ihrer ganzen Oberfläche, die zu etwa 15 □ Fussen angenommen wird, die Bedingungen zur Perspiration. Ueber die Betheiligung aber der, schon von Malpighi gekannten, sog. Schweissdrüschen einerseits (von den Talgdrüsen haben wir hier ganz abzusehen) und der sonstigen Cutisoberfläche andererseits am Gesammtprocess der Perspiration wird gestritten.

Zunächst tritt uns die Annahme entgegen, dass das Perspirationswasser nur an den Mündungen der Schweissdrüschen verdunste. Man rechnet etwa 1000 Drüschen auf 1 □ Zoll, sparsamer sind sie namentlich auf dem Rücken und Ober- und Unterschenkel, viel zahlreicher in der Fusssohle, Handteller, Stirn. Krause nimmt für die ganze Haut über 2 Millionen Drüschen an und taxirt ihre Verdunstungsfläche (d. h. ihre Mündungen zusammengelegt)

zu etwa 8 □ Zollen; eine Fläche, die nach ihm zur Verdunstung des Hautwassers bei weitem nicht ausreicht. Daher schliesst er, dass durch die Epidermis eine erhebliche Menge Wassergas verdunste und findet seine Ansicht bekräftigt durch Versuche, die er hierüber an Epidermisstücken anstellte.

Es frägt sich aber, ob die Permeabilität der Epidermis für Wassergas in beträchtlicher Weise in Anspruch genommen wird. Es scheint uns natürlicher, anzunehmen, dass von den Mündungen der Schweissdrüschen aus das Wasser sich auf die benachbarte Hautoberfläche verbreite, und zwar in einer Schichte von so minimer Dicke, dass die Haut noch als relativ trocken gelten kann.

Schnelle und profuse Schweissabsonderungen endlich können nicht wohl von anderen Organen, als den Schweissdrüschen abgeleitet werden.

In der Aehnlichkeit der Schweissdrüschen mit den Ohrenschmalzdrüsen und mit den von Meissner in der Bindehaut des Auges entdeckten Drüschen kann kein Grund liegen, den Schweissdrüschen die Secretion des Hautwassers abzusprechen.

XI. Leberfunctionen.

241. Blutlauf in der Leber.

Die Leber ist ausgezeichnet durch ihre gedoppelten Blutzufuhren. Das durch die Art. hepatica zuströmende hellrothe Blut dient vorzugsweis zur Ernährung der Wandungen der grösseren Blutgefässe und der Gallengänge, der Glisson'schen Kapsel und des serösen Ueberzuges. Viel bedeutender ist der Strom durch die Pfortader, welcher der Leber das venöse Blut des Magens, Darmes, der Milz und Bauchspeicheldrüse zuführt.

Die Grundmasse des Organes wird gebildet von den Leberzellen, kernhaltige Zellen mit theilweis krümeligem Inhalt, der ausserdem unter Umständen noch kleine Pigmentmolekeln (Gallenfarbstoff) und Fettkügelchen verschiedenster Grösse (besonders zahlreich bei jungen säugenden Thieren nach Kölliker) unterscheiden lässt. Eine Anzahl von Leberzellen wird umschlossen von den Enden von 2, 3 oder 4 Pfortaderzweigen, die sich zu einem, übrigens nicht in einer Ebene liegenden Gefässkreis, der sog. Vena interlobularis, vereinen. Ein solcher Kreis hat einen Durchmesser von ½—1 Linie und schliesst ein sog. Leberläppchen ein; der gegebenen Schilderung zufolge sind die einzelnen „Läppchen" nicht allseitig von einander abgegrenzt. Die Venae interlobulares werden begleitet von den kleinsten Gallengängen und geben nach allen Seiten (d. h. in verschiedene Leberläppchen) zahlreiche feine Capillaren ab. Letztere vereinen sich im Innern des Läppchens zu einer kleinen Vene: der V. intralobularis, dem Anfang des Systemes des Lebervenen, die ihr Blut in die untere Hohlvene ergiessen.

Das Venenblut, welches abfliesst aus den von der Art. hepatica versorgten Theilen, ergiesst sich nicht in die Lebervenen, sondern durch die sog. inneren Pfortaderästchen in die kleinen Pfortaderzweigchen der Leber. Das aus der Leber fliessende Blut hat somit 2 Capillarsysteme durchsetzt; desshalb muss auch ein Blutkörperchen, welches die Leberbahn (Art. hepatica oder Vena portarum) einschlägt, etwas längere Zeit (nach dem, was wir über den Aufenthalt in den kleineren Gefässen und Capillaren wissen, etwa 4—6 Secunden) brauchen, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, als alles übrige Körperblut durchschnittlich nöthig hat, welches bloss eine Capillarität durchsetzt. Es ist gar kein Grund zur Annahme vorhanden, dass die Bahn der Pfortader sehr viel langsamer, als die der Art. hepatica zurückgelegt werde; entschieden falsch ist aber die oft gehegte Ansicht, der ganze Leberkreislauf erfolge träge.

Es fliessen grosse Massen von Blut und zwar mit gewöhnlichen Geschwindigkeiten durch die Leber. Beweise: die normalen Geschwindigkeiten der Blutkörperchen in den kleineren Mesenterialgefässen (Poiseuille), in den Capillaren am Leberrand kleiner Thiere, sowie endlich die Schnelligkeit der Vergiftungen vom Magen und Darm aus.

242. Lebervenenblut.

Lehmann hebt vorzugsweise folgende Eigenschaften dieser Blutart im Gegensatz zum Pfortaderblut hervor. Die rothen Blutkörperchen sind kleiner, minder gefärbt und weniger geneigt, nach Wasserzusatz aufzuquellen. Die farblosen Körperchen sind (etwa 4—5 fach) zahlreicher als in der Pfortader.

Das Lebervenenblut ist wasserärmer und zwar um 5 bis selbst 8 %, ein Unterschied, der beim Serum beider Blutarten weniger stark ist. Der Faserstoff hat sehr abgenommen, oder fehlt gänzlich, sodass das Lebervenenblut wenig oder nicht gerinnungsfähig ist, während es viel mehr Extractivstoffe enthält, sowie (244) Zucker. Endlich schliesst Lehmann auf eine beträchtliche Abgabe von Fetten und Eiweiss von Seiten des Pfortaderblutes während dessen Circulation durch die Leber.

Beide Blutarten sind demnach in hohem Grade von einander verschieden, was um so mehr auffällt, wenn man die grossen, durch die Leber circulirenden Blutmassen in Betrachtung zieht. Eine eindringlichere Verwerthung dieser Thatsachen für den Stoffwechsel und die Funktionen der Leber ist aber so lange nicht möglich, als die Volumverhältnisse des Plasma und der Körperchen, sowie die absoluten Mengen der letzteren unbekannt sind.

243. Gallenbereitung.

Die Galle, deren Eigenschaften in 191 erörtert wurden, wird gebildet in den Leberzellen. Letztere empfangen ihr Blut aus den von den Venae interlobulares abgegebenen Capillaren; die Galle ist also ein venöses Sekret. Dasselbe ergiesst sich aus den sog. Leberläppchen in die, die Venae interlobulares begleitenden feinen Gallengänge, um von da, durch die weiteren Gallenwege und den Ductus hepaticus, in die Gallenblase oder direct in das Duodenum abzulaufen.

Von den zwischen den Leberläppchen verlaufenden Gallengängen gehen sicher Canäle ab in die Läppchen selbst, welche die Gallenabfuhr aus den Leberzellen erleichtern. Die Beziehungen aber der Leberzellen zu diesen Canälen sind noch

Gegenstand von Controversen unter den Mikroskopikern, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die specifischen Bestandtheile der Galle: der Farbstoff, namentlich die Tauro- und Glykocholsäure, sind im Pfortaderblut nicht präformirt; sie werden erst gebildet in den Leberzellen. Wäre die Galle ein blosses Educt aus dem Blute, so müsste letzteres Gallensäuren enthalten, sowohl nach Ausschneidung der Leber (Frösche können diese Operation Tagelang, selbst gegen drei Wochen überleben), als in gewissen Leberkrankheiten mit stockender Gallenbereitung. Kunde und Moleschott fanden aber im Blute entleberter Frösche keine Gallensäuren. Die übrigen Gallenbestandtheile (der Farbstoff ausgenommen) sind einfache Educte aus dem Blut.

Die ersten Gallenblasenfisteln wurden von Schwann angelegt. Nach Unterbindung und Ausschneidung des Ductus choledochus wird der Grund der Gallenblase in die, in der Linea alba gemachte Bauchwunde eingeheilt. Sämmtliche Galle fliesst demnach aus der Fistelöffnung ab und zwar ununterbrochen, jedoch, wie Bidder, Nasse, Arnold, Kölliker und H. Müller zeigten, mit bedeutenden Schwankungen. Die Angabe dieser Forscher über die Secretionsgrössen weichen bedeutend von einander ab. Nach den beiden Letztgenannten secernirt 1 Kilogramm Hund in 24 Stunden etwa 32 Grammen Galle (mit 1 Gramm Fixa), was für den Menschen nahezu 2 Kilogramme ergeben würde. Früher nahm man viel niedrigere Werthe an. Während des Fastens nimmt die Secretion ab; einige (3—5) Stunden nach der Nahrungsaufnahme erreicht sie ihr Maximum; nach sehr starken Mahlzeiten soll das Maximum erst 14—17 Stunden später erfolgen. Fleischnahrung mehrt, vegetabilische mindert die Secretion etwas. Einflüsse des Nervensystems sind nicht bekannt.

Die specifischen Gallenbestandtheile, jedenfalls die Gallensäuren, werden zum grössten Theil im Darmkanal wieder aufgesaugt (197), um schliesslich in der Blutmasse weiteren, übrigens nicht näher bekannten Verwendungen, entgegen zu gehen. Kleine Mengen Gallensäuren können übrigens in Krankheiten im Urin zum Vorschein kommen. Die Galle ist demnach kein Excret; sie kann in Thieren mit Gallenfisteln nicht verloren gehen ohne Compensation (Bidder und Schmidt). Solche Thiere zeigen eine erhöhte Gefrässigkeit, so zwar, dass die vermehrten Zufuhren den Verlust an Gallenbestandtheilen wesentlich übersteigen. Die Galle wird demnach, in die Säftemasse wieder aufgenommen, einen retardirenden Einfluss auf den Stoffwechsel ausüben. Ist der Appetit der Thiere mit Gallenfisteln nicht vermehrt, oder erhalten sie bloss die gewöhnlichen Zufuhrmengen, so magern sie ab und gehen zu Grunde.

Die Entstehung der specifischen Gallenbestandtheile ist noch nicht erklärt. Bei der Bildung der Gallensäure dürften, nach Lehmann, ausser Eiweisssubstanzen wohl auch die Fette betheiligt sein. Der (braune) Gallenfarbstoff wird gewöhnlich als Abkömmling des Hämatins betrachtet. (Valentiner, Kühne.) Aeltere pathologische Blutergüsse in die Organe zeigen eigenthümliche, rothe Krystalle, Abkömmlinge des Blutfarbstoffs (Hämatoidinkrystalle Virchow's). Nach Zenker können auch aus dem braunen Gallenfarbstoff Hämatoidinkrystalle erhalten werden. Die Metamorphosenfolge ist wahrscheinlich: Blutfarbstoff, Gallenfarbstoff, endlich Hämatoidin.

244. Zuckerbereitung in der Leber.

Bernard zeigte, dass die Leber aller Thiere bedeutende Zuckermengen enthält, in den höheren Wirbelthierclassen etwa 2 % durchschnittlich. Der Leberzucker ist, wie der Traubenzucker, gährungsfähig; er zerfällt, wenn eine Abkochung der Leber mit Bierhefe versetzt wird, in Kohlensäure und Alkohol; er lenkt das polarisirte Licht nach rechts ab und seine kalischen Lösungen reduciren Kupferoxydsalze (Trommer'sche Zuckerprobe und, zur quantitativen Bestimmung, Fehling'sche Titrirmethode, wegen welcher auf die Lehrbücher der Chemie verwiesen wird).

Der Zucker findet sich in der Leber auch bei ausschliesslicher Fleischkost; er ist also, wenigstens im letzteren Fall, im Organismus entstanden und zwar in der Leber selbst, da er im Pfortaderblut fehlt oder nur in höchst geringen Mengen vorkommt, während er in relativ grossen Mengen enthalten ist im Lebervenenblut (Bernard). Lehmann fand im Lebervenenblut eines Pferdes, einige Stunden nach reichlichem Fressen, 3/4 % Zucker.

Der Zucker bildet sich in der Leber aus einer Amylonsubstanz ($C_{12}H_{12}O_{12}$ nach Pelouze), dem sogenannten Glykogen Bernard's. Dieses ist weiss, neutral, geruchlos, durch Kochen nicht zerstörbar, löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol und Essigsäure. Man erhält es am besten durch Ausfällen eines frischen, concentrirten Leberdekoktes mit concentrirter Essigsäure. Es wandelt sich leicht um in Zucker durch verschiedene Fermente, z. B. Diastase, Speichel, Pancreasdekokt, auch verdünnte Säuren (Hensen, Schiff). Das Leberamylon ist, wie das der Pflanzen, nach Schiff, keine amorphe Masse, sondern es bildet kleine, blasse, geformte Kügelchen im Inneren der Leberzellen; daher der krümelige Inhalt dieser Zellen bei amylonreichen Lebern. Behandelte Schiff Stückchen solcher Lebern mit einem der genannten Fermentkörper, so verschwanden in der That die Amylonkügelchen, in Folge von Ueberführung in Zucker.

244a. Veränderungen der Zuckerbildung.

Während der Verdauung steigt die Zuckermenge und zwar selbst bis auf 4 % des Lebergewichtes; beim anhaltenden Hungern, fast in allen fieberhaften Krankheiten und nach eingreifenden Operationen, wenigstens bei Säugethieren, verschwinden Zucker und Amylon sehr bald. Bei abnehmendem Zuckergehalt wird nach Nasse die Leber dunkeler braunroth; mit zunehmender Zucker- resp. Amylonmenge wird sie heller.

Der mit der Circulation aus der Leber fortgeschwemmte Zucker verschwindet bald in der Blutmasse, er wird (durch welche Mittelstufen?) in Kohlensäure und Wasser übergeführt. Die Oxydation des Zuckers beginnt wahrscheinlich schon bei seinem Uebertritt aus den Leberzellen in das Lebervenenblut; im linken Herzen und dem Aortensystem sind nur noch kleine Zuckermengen enthalten, oder sie fehlen daselbst vollkommen (Bernard).

Der Zucker des Blutes hat offenbar eine doppelte Quelle: 1) Amylon, resp. Zucker der Nahrung. Der Zucker, er mag als solcher von Aussen

eingeführt, oder erst im Darmkanal aus Amylon entstanden sein, wird in der Säftemasse direkt umgewandelt, nicht aber in die Leber deponirt. Nach Amylon- oder Zuckerreicher Kost ist zwar der % Zuckergehalt der Leber auch vermehrt, ohne Zweifel aber bloss desshalb, weil die starke Zuckerzufuhr von Aussen den Zuckerumsatz in der Leber mindert. 2) Die Leberthätigkeit selbst; aus welchen Materialien aber das Leberamylon sich bildet, ist nicht bekannt, unrichtig ist jedenfalls die Behauptung, alles Leberamylon werde in Form irgend welcher amyloider Substanzen der Leber bloss zugeführt und daselbst zur Zuckerbildung deponirt.

Das Leberamylon geht übrigens, sowie das gewöhnliche Amylon, erst durch eine dem Dextrin analoge Zwischenstufe in Zucker über (Schiff).

244b. Fermentwirkung bei der Zuckerbildung.

Das Leberamylon wird durch verschiedene Fermentkörper (244) in Zucker umgesetzt. Das specielle, viel kräftiger und schneller wirkende Ferment, welches die Umsetzung in der Leber einleitet, ist zwar chemisch nicht näher characterisirbar, wohl aber sind, namentlich durch Schiff, eine Reihe von Bedingungen bekannt, unter denen dasselbe zur Wirksamkeit gelangt. Fehlt das Ferment, so mangelt, trotz vorhandenen Amylons, natürlich auch der Zucker in der Leber; solche Lebern bilden aber Zucker, wenn man sie mit dem Ferment künstlich zusammenbringt. Diess ist nach Schiff der Fall bei Fröschen am Ende des Winters, überhaupt aber unter allen Umständen, wo diesen Thieren weder Nahrung, noch gehörige Bewegung gestattet wird.

Das Ferment ist enthalten 1) in der Leber. Spülte Bernard, von der Pfortader aus, eine frische Leber mit Wasser so aus, dass aller vorhandene Zucker entfernt wurde, so waren nach einigen Stunden neue Zuckermengen entstanden. 2) Im Blut. Die Leber eines Frosches, die keinen Zucker, wohl aber Amylon enthält, bildet stets Zucker, wenn man sie zusammenbringt mit dem Blut eines Individuums (derselben oder irgend einer fremden Species), dessen Leber Zucker enthält (Schiff). Das Blut zuckerloser Frösche verwandelt demnach das Leberamylon niemals. Bringt man das Blut eines Thieres, dessen Leber weder Zucker, noch Amylon enthält, zusammen mit einer bloss amylonhaltigen Leber, so kann gleichwohl Zucker sich bilden; das Blut in diesem Fall hält also Ferment.

Man muss demnach mit Schiff folgende Zustände unterscheiden: 1) Zuckerleber; hier ist immer Amylon und Ferment vorhanden. 2) Amylonleber ohne Zucker; hier fehlt das Ferment. Das Leberamylon stellt aber auch dann keine träge Masse dar; es kann nämlich nach Schiff auch in anderer Weise umgesetzt werden, als in Zucker. 3) Zucker- und Amylonlose Leber; hier kann das Ferment vorhanden sein.

Das Auftreten des Fermentes ist offenbar an eine gewisse Energie des Stoffwechsels gebunden. Im Frühjahr zeigt die Froschleber eine schnell eintretende Farbenveränderung, das Ferment wird jetzt gebildet und das Leberamylon, nach Schiff, zunächst in gelbliches Dextrin umgesetzt. — Mit Firniss bestrichene Thiere, in denen der Stoffwechsel und die Körperwärme schnell bedeutend ab-

nehmen (285), verlieren in wenigen Stunden den Zucker und das Amylon der Leber (Bernard). Erwärmt man aber die Thiere künstlich, so kehren beide Stoffe wieder zurück (Schiff).

Zur exacteren Beurtheilung der Bedeutung der Zuckerbildung für den Stoffwechsel fehlt zwar noch die Kenntniss der, in einer bestimmten Zeit von der Leber gebildeten Zuckermengen; darüber kann aber kein Zweifel bestehen, dass letztere unter Umständen sehr beträchtlich sein müssen. Andererseits darf nicht vergessen werden, dass z. B. Frösche lange Zeit leben, ohne Zucker zu erzeugen.

244c. Einfluss des Nervensystems auf die Zuckerbildung in der Leber.

Bernard fand, dass nach Verletzung des Bodens der vierten Hirnhöhle und zwar in der Mittellinie des verlängerten Markes, mittelst einer durch das Hinterhauptsbein eingesenkten Nadel, der Harn einige Stunden lang Zucker enthält. Nach Schiff erhält man denselben Erfolg durch Verletzung der Nervencentren von den Hirnschenkeln an abwärts bis zu der Stelle, wo die Wurzeln der Eingeweidenerven aus dem Rückenmark treten (in Fröschen z. B. bis zum vierten Wirbel).

Der unter diesen Umständen im Urin ausgeschiedene Zucker stammt aus der Leber, denn 1) die Ausscheidung hört in Fröschen auf, wenn die Leber abgebunden wird, und 2) das Experiment gelingt nie an Winterfröschen, deren Leber zuckerlos ist (Schiff). Es ist höchst wahrscheinlich, dass beim Zuckerharnen die Zuckerbildung der Leber gesteigert ist. Die Leber und andere Organe des Unterleibes werden zugleich blutreich, ihre Gefässe sind erweitert, offenbar in Folge der Lähmung der Gefässnerven. Hensen und v. Gräfe haben durch subcutane Durchschneidung des N. splanchnicus major den Urin zuckerhaltig gemacht, obschon hier nur ein Theil der vom Rückenmark zur Leber gehenden Nerven durchschnitten wurde. Die Wirkungen der Verletzungen der oben genannten Stellen der Nervencentren leitet Schiff bloss davon ab, dass Gefässnerven der Leber oder deren Centralapparate getroffen worden seien. Ob die vermehrte Zuckerbildung ausschliesslich zurückgeführt werden kann auf gesteigerte Blutzufuhr zur Leber, das muss vorerst dahingestellt bleiben.

Zerstörte Schiff das Rückenmark in Säugern (in der Gegend der untersten Hals- oder der obersten Brustwirbel) so zeigten diejenigen Thiere, welche etwas länger am Leben erhalten werden konnten, eine ununterbrochene Zuckerausscheidung durch die Nieren. Inwiefern aber die, von anhaltenden und starken Zuckerausscheidungen durch die Nieren begleitete sog. Zuckerharnruhr des Menschen auf den oben genannten Functionsanomalien der Leber und der Nervencentren beruht, ist noch nicht zu entscheiden.

XII. Lymphsystem, Blutgefässdrüsen und Blutkörperbildung.

245. Lymphe.

Ein Theil der in die Gewebe übertretenden Blutbestandtheile schlägt den Weg ein in die Anfänge (sog. Capillarität) der Lymphgefässe; es bildet sich Lymphe. Diese kann am Menschen in seltenen Fällen gewonnen werden, wenn Verletzungen von Lymphstämmchen nicht alsbald verheilen. Der Inhalt des Ductus thoracicus hungernder Thiere entspricht der Lymphe, freilich nur des genannten Körperzustandes.

Die Lymphe ist, zum Unterschied von dem milchigen Chylus, fast wasserhell; etwas salzig schmeckend, von alkalischer Reaction. Ihr gerinnungsfähiges Plasma hält aufgeschwemmt Molekularkörperchen (zum Theil Fettkörnchen, jedoch nur sehr sparsam, während sie im Chylus in enormen Mengen vorkommen) und sog. Lymphkörperchen, etwas granulirte, kernhaltige, rundliche Zellen, analog den Chyluskörperchen. Farbige Blutkörperchen kommen öfters, namentlich in der Milzlymphe vor, nach Nasse besonders in hungernden Thieren.

Die menschliche Lymphe, die natürlich in den verschiedenen Stromgebieten des Lymphsystems nicht gleich zusammengesetzt sein kann, besteht (Marchand, Nasse, Scherer) in 100 Theilen aus Wasser 94—97, Eiweiss 2—3, (grössere Mengen während der Verdauung), Faserstoff 0,3 — 0,5, Extractivstoffe (auch Zucker) 0,3, Fette: Spuren bis 0,2, Salze $^3/_4$ — $1^1/_4$ %.

246. Lymphströmung.

Die Lymphbildung erfolgt ununterbrochen; ihr Maximum fällt in die Verdauungszeit, beim Fasten nimmt die Lymphe sehr ab. Ausserdem giebt es locale Steigerungen und Minderungen, gemäss den Thätigkeitsgraden der Einzelorgane. Die Menge im Körper vorhandener oder der in 24 Stunden circulirenden Lymphe ist durchaus unbekannt. Krause jun. erhielt aus dem auf einer Seite des Halses angeschnittenen Lymphstamm bei grossen Hunden in $^1/_4$ Stunde Ausflussmengen von 3 — 9 Grammen.

Der Lymphstrom ist von den feinen Gefässen gegen die grösseren gerichtet, analog dem Venenblutlauf, wie denn überhaupt das Lymphsystem viele Analogieen bietet mit den Venen (Klappen, zahlreiche Plexus, langsameres Fliessen, geringer Druck der Flüssigkeit u. s. w.). Die grösseren Lymphgefässstämmchen durchsetzen eine Anzahl Lymphdrüsen. Bie Lymphe des Armes, der einen Hals- und Kopfseite, und theilweis des Thorax wird rechterseits durch den Truncus lymphaticus dexter in das Ende der entsprechenden Vena subclavia ergossen; dessgleichen empfängt die linke Subclavia durch den Truncus sinister die Lymphe aus den analogen Theilen der linken Körperseite, ausserdem aber noch die

starken Zufuhren des Ductus thoracicus, durch welchen die Lymphe der unteren Gliedmassen, Bauchorgane und hinteren Rumpfwand fliesst.

Die Triebkräfte der Lymphströme wurden bereits bei der Chylusbewegung erörtert. Eine eigene Einrichtung stellen die von J. Müller entdeckten Lymphherzen der Vögel, Fische und Amphibien dar. Der Frosch besitzt zwei vordere über der Schulter neben der Wirbelsäule und zwei hintere, neben dem After. Jedes Herz enthält im Frosch etwa 1 Cub. Linie Lymphe und schlägt in der Minute ungefähr 60 mal.

247. Physiologische Bestimmung der Lymphe.

Die Lymphgefässe stellen zunächst einen Anhang des Venensystemes dar, oder strenge genommen ein Mittelglied, eingeschoben zwischen Arterien- und Venensystem. Die Lymphe selbst wird gebildet aus gewissen Bestandtheilen des Blutes, um sodann als Ganzes in das Blut wieder ergossen zu werden. Die Lymphe ist also ein wichtiges Glied des intermediären Stoffwechsels.

Die Lymphgefässe sind aber andererseits nicht bloss als Zwischencanäle zwischen Arterien und Venen zu betrachten, sondern auch als ein besonderes System, in welchem Processe eigener Art vor sich gehen. Diese erfolgen weniger im freien Laufe des Lymphstromes selbst, als in den Lymphdrüsen. Dort reisst der Lymphstrom zellige Drüsenelemente (s. 211) mit sich fort, welche als Lymphkörperchen weiteren Verwendungen (249) entgegen gehen. Ausserdem kommt er daselbst in endosmotische Wechselwirkungen mit dem Capillarblut der Lymphdrüsen, die im Speciellen freilich unbekannt sind. Man weiss nur, dass die Flüssigkeit nach dem Austritt aus den Lymphdrüsen fibrinreicher, überhaupt (auch durch Aufnahme der Lymphkörperchen) etwas blutähnlicher wird. Die Lacunenräume der Drüsen, durch welche die Lymphe fliesst, leisten also für diese Flüssigkeit die Dienste einer Capillarität, d. h. sie gestatten der Lymphe die Aufnahme und Abgabe von Bestandtheilen.

Die Lymphe ist auffallend wasserreicher als die Blutflüssigkeit; offenbar begünstigt der aus den Blutcapillaren in die Gewebe übertretende starke Wasserstrom den Uebergang gelöster Stoffe des Blutes in die Gewebe. Dieses Wasser kann aber (wenn die Gewebe ihren, der augenblicklichen Blutbeschaffenheit entsprechenden Wassergehalt haben) nicht verwendet werden für die Gewebe selbst, es muss wieder abgegeben werden. Die einfachsten Abzugskanäle des Gewebwassers sind die Lymphgefässe. Würden diese fehlen, so könnte der Stoffwechsel zwischen Blut und Parenchym bloss vermittelt werden durch die gegenseitige Endosmose; diese würde aber nicht hinreichen für einen intensen Stoffumsatz. Das Lymphsystem gestattet also, dass die Gewebe von starken und rasch wechselnden Strömen von Ernährungsmaterial durchzogen werden.

Nach Krause jun. laufen auch nach Unterbindung der Carotiden im Hund aus den Lymphästen des Halses noch erhebliche Flüssigkeitsmengen (wie lange?) ab. Diese Erfahrung beweist natürlich nicht, dass das Lymphsystem vom Blut unabhängig sei. Nach Vermehrung der Blutmasse durch Injection von Wasser, Milch u. s. w. in den Kreislauf füllen sich die Lymphgefässe sogleich. Diese

bilden somit auch eine Art Nebenbehälter für Nährmaterial der Organe. Erhöhte Thätigkeit eines Organes vermehrt dessen Lymphbildung; nach Reizung des Trigeminus erhielt Krause grössere Lymphmengen aus den obengenannten Gefässen.

248. Blutgefässdrüsen.

Milz, Thymus, Schilddrüse und sog. Nebennieren stimmen, trotz aller äusseren Verschiedenheiten, histologisch darin miteinander überein, dass ihre charakteristischen Elemente geschlossene Follikel darstellen, in welchen zahlreiche Zellen und Zellenkerne eingebettet sind und die vollkommen an den Bau der Lymphdrüsen und der Peyer'schen Drüsen des Darmes erinnern. Man hat jene Organe, als Drüsen ohne Ausführungsgänge, mit der Bezeichnung Blutgefässdrüsen von den wahren Drüsen abgesondert.

Gerade in ihrem Verhältniss zu den Blutgefässen zeigen diese „Blutgefässdrüsen“ die grössten Unterschiede. Mässig entwickelt sind die Gefässe in der Thymus, stärker in der Thyreoidea, auffallend stark in der Milz. Der Blutreichthum und die Füllung mit Parenchymsäften wechselt in hohem Grade, ganz besonders aber in der Milz, die in Krankheiten (Wechselfieber) enorm anschwellen kann. Auch ist sie bei manchen Thieren (nicht aber im Menschen) contractil, indem, wie Wagner zeigte, nach galvanischer Reizung, das Milzgewebe an der gereizten Stelle härter und blässer wird. Nach Erregung der Milznerven tritt nach Jaschkowitz Contraction, nach Durchschneidung derselben Schwellung der Milz ein.

Die Funktionen der meisten dieser Organe sind geradezu unbekannt. Thymus und Nebennieren scheinen im Embryonalzustand, ihrem relativen Gewicht nach zu schliessen, ihre hauptsächlichste Bedeutung zu haben. Nur die Milz spielt auch im Erwachsenen eine namhafte Rolle.

Die Thymus fehlt ausnahmsweis selbst in Kindern (Friedleben). Jedes dieser Organe kann ausgeschnitten werden, ohne dass auffallende Symptome nachfolgen, die vom Mangel des Organs ableitbar wären. Tritt der Tod bald ein, namentlich nach Ausreissen der Thymus oder der Nebennieren, so ist das Folge der tief eingreifenden Operation. Friedleben hat die Thymus oft ohne Nachtheil ausgerissen. Philipeaux exstirpirte in derselben Ratte sogar Nebennieren, Milz und Schilddrüse ohne Nachtheil. Friedleben dagegen bemerkte nach gleichzeitiger Ausrottung der Thymus und Milz beeinträchtigte Blutbereitung und Tod durch Erschöpfung.

Die Milzexstirpation ist am häufigsten ausgeführt worden. Es folgen keine Verdauungsstörungen nach; die Galle soll nicht verändert werden. Manchmal wir das Blut fibrinreicher (gewisse krankhafte Milzanschwellungen sind oft mit Fibrinarmuth des Blutes verbunden; das Milzvenenblut ist sehr arm an Faserstoff nach Funke). Die anatomischen Veränderungen in Folge des Milzmangels hat besonders Führer genauer untersucht. Die auffallendste Wirkung ist die, von Allen hervorgehobene, Anschwellung der meisten Lymphdrüsen, ganz besonders des Unterleibes, aber auch der Brust, des Halses und Kopfes.

Die Blutgefässdrüsen stehen jedenfalls in Zusammenhang mit der Blutbildung. Man betrachtet sie als Blutkörperchenbereitende Organe (s. 250) und als Werkstätten, in denen Blutbestandtheile verändert und dadurch befähigt werden, weitere, freilich gänzlich unbekannte, Verwendungen im allgemeinen Stoffumsatz zu finden (Ecker).

Nach Scherer, Gorup-Besanez u. A. enthält der aus diesen Drüsen gepresste Saft unter anderen eine Reihe von Abkömmlingen von Eiweisskörpern (Leucin, Tyrosin, Hypoxanthin, Harnsäure), sowie Ameisensäure, Essigsäure (Milz), Bernsteinsäure (Thymus), während aus allen Milchsäure gewonnen werden kann. Manche wollen darin einen Beweis finden, dass diese Organe der Sitz energischer regressiver Processe des Stoffwechsels seien. Nach Oidtmann fällt in der Milzasche der hohe Phosphorsäuregehalt auf.

249. Bildung der farblosen Blutkörperchen.

Sie entstehen: 1) im Chylus- und Lymphsystem, vorzugsweis indem der Chylus- und Lymphstrom die Zellen der Drüsenfollikel mit sich fortreisst (211). Die Chylus- und Lymphkörperchen werden dem Blute beigemischt und es ist zweifellos, dass die, den Lymphkörperchen morphologisch gleichen, farblosen Körperchen des Blutes dem Chylus und der Lymphe früher zum Theil angehörten.

Die in den Lymphdrüsen präformirten Zellen spielen bei dem geschilderten Process jedenfalls auch eine active Rolle; ihr Stoffumsatz beruht auf Wechselwirkung mit dem Blut, dem sie Bestandtheile entziehen. Erst nachdem sie eine gewisse Entwickelung und damit wohl auch bestimmte physikalische Eigenschaften erlangt haben, sind sie fähig, von einander abgelöst und vom Lymphstrom fortgerissen zu werden. Der endosmotische Strom der Blutcapillaren in die Lymphdrüsen ist namentlich während der Verdauung stärker und begünstigt wohl das Fortschwemmen jener Zellen.

2) In gewissen Organen. Das Venenblut derselben ist viel reicher an farblosen Körperchen als das zuströmende arterielle Blut; man glaubt sich desshalb zur Annahme berechtigt, diese farblosen Körperchen seien an jenen Stätten neu entstanden. Hierher gehören besonders die Blutgefässdrüsen. Ganz besonders reich an farblosen Körperchen ist namentlich das Milzvenenblut. Die sogenannten Bläschen und die Pulpa der Milz enthalten wiederum Zellen, die nicht unterscheidbar sind von farblosen Blutkörperchen. Die Wege aber, auf welchen diese Zellen der Blutgefässdrüsen in den Blutstrom gelangen, sind noch nicht gehörig erkannt. Von der Milz nimmt man an, die Capillaren communiciren frei mit Lacunenräumen in der Milzpulpa, so dass der Blutstrom die zelligen Elemente der letzteren mit sich fortreissen und in die Milzvene überführen könne.

Nach Hirt kommen auf ein farbloses Körperchen des Milzvenenblutes 60 farbige; älteren Zählungen zufolge schlagen die ersteren noch viel mehr vor. Das zu solchen Zählungen zu benutzende Blut darf übrigens nicht mittelst Anschneiden der Gefässe, oder gar durch Druck auf die Organe selbst, sondern nur aus einer doppelt unterbundenen Gefässstrecke gewonnen werden.

Das Lebervenenblut ist nach Lehmann reicher an farblosen Körperchen, als das Pfortaderblut; die Entstehungsweise der farblosen in diesem Organ ist noch weniger erklärlich, als in den Blutgefässdrüsen.

In der Leukämie hat nach Virchow die Zahl der farblosen Körperchen des Blutes, gegenüber den farbigen (die auch absolut bedeutend gemindert sind)

ausserordentlich zugenommen. Dieser Zustand ist verbunden mit Affectionen der Milz, Lymphdrüsen und Leber, worin eine gewisse Bestätigung der Function jener Organe als Bildungsstätten farbloser Körperchen liegt.

250. Die Entstehung des farbigen Blutkörperchens im Erwachsenen, dessen Stoffwechsel (nach Stärke und Qualität), sowie dessen endlicher Zerfall, gehört zu den räthselhaftesten Processen des vegetativen Lebens. Gewöhnlich betrachtet man die kernhaltigen farblosen Körperchen als Vorstufen der kernlosen farbigen, fügt aber, wie z. B. Kölliker, vorsichtigerweise hinzu, dass Uebergangsformen der farblosen in farbige, allen Bemühungen zum Trotz, im Blut Erwachsener noch niemals beobachtet worden sind. Ueber die Art dieser Metamorphose giebt es also nur unbeglaubigte Vermuthungen, hinsichtlich welcher auf die Lehrbücher der Gewebelehre verwiesen wird.

Schon ältere Beobachter, in neuester Zeit namentlich Lehmann und Funke behaupteten, das Blut gewisser Gefässe, besonders der Milz- und Lebervenen, sei auffallend reich an kleineren, blässeren, gegen verschiedene Zusätze, z. B. Wasser, widerstandsfähigeren, gefärbten Körperchen. Man glaubt dieselben als jüngere Bildungen und die betreffenden Organe als Bildungsstätten farbiger Körperchen betrachten zu dürfen.

Noch viel weniger wissen wir über das Zerfallen der Blutkörperchen. Die Milz z. B. wird von Einigen als eine derartige Localität angesehen. In Schrumpfung begriffene Körperchen giebt es dort in der That, eine Erfahrung, die aber über die Intensität dieses Processes selbstverständlich nichts aussagt.

251. Lebensdauer der Blutkörperchen.

Sehen wir ab von gewissen, der direkten Beobachtung wirklich zugänglichen Bildungsweisen der Blutkörperchen im Embryo, so liegen über die Bildung, den Stoffwechsel und endlichen Untergang, kurz die ganze Lebensgeschichte des Blutkörperchens im Erwachsenen, nur höchst sparsame und schwer zu deutende Erfahrungen vor.

Nach starken Blutverlusten, in der Reconvalescenz von schweren Krankheiten, nach anhaltendem Hungern hat die Blutmasse und die procentige, also auch die absolute Menge der farbigen Körperchen sehr abgenommen. Nach einer gewissen Zeit, unter Umständen ziemlich bald, ist der Normalzustand wieder erlangt. Hier also hat unzweifelhaft eine energische Neubildung, vielleicht auch eine geminderte Rückbildung von Blutkörperchen stattgefunden. Ausserdem bemerkt man nach Blutverlusten u. s. w., dass die Zahl der farblosen Körperchen im Verhältniss zu den farbigen grösser ist als in der Norm, wiederum eine Stütze für die Vermuthung, dass aus farblosen Körperchen farbige sich bilden werden.

Es liegt aber auf der Hand, dass die Blutkörperchen unter gewöhnlichen Verhältnissen ganz anderen Bedingungen unterworfen sind. Es kann keine einzige Thatsache angeführt werden, die mit Sicherheit für rasche Neubildung und dieser entsprechende Rückbildung der Blutkörperchen spräche. Wie lange unter solchen Umständen das Körperchen bestehe, darüber haben wir vorerst keine Ahnung; mit Bestimmtheit aber lässt sich vermuthen, dass der Stoff-

wechsel im Körperchen selbst ein sehr reger sein wird, wobei aber dasselbe seine Individualität fortwährend behauptet.

Nur die strengste Anwendung messender Methoden kann aus diesem Labyrinth von Möglichkeiten und Vermuthungen herausführen. Vor allem könnte diese Frage durch die Methode der Blutkörperchenzählung gefördert werden. Bei den enormen Blutmassen, die den Organen zuströmen, kann vorerst das, was das Blut in einem Organ abgiebt, nahezu vernachlässigt werden. Besteht also eine grosse Differenz der Zahlen der Zellen in gleichen Volumina des arteriellen und venösen Blutes eines Organes, so ist das eine Thatsache, auf der weiter gebaut werden kann.

Erwägen wir übrigens, welche enorme Mengen farbloser Körperchen dem Blute durch den Chylus- und Lymphstrom in kurzer Zeit beigemischt werden müssen, so erscheint deren Schicksal als ein völliges Räthsel. Sie können doch nur zum kleinsten Theil fertige Blutkörperchen werden: sie müssen also, und zwar schnell, im Blut untergehen.

252. Eine Physiologie des Blutkörperchens,

d. h. die Kenntniss des Stoffwechsels desselben, ist übrigens denkbar, bis zu einem gewissen Grade, auch ohne eine Geschichte seiner Entwicklung und Rückbildung. Dieselbe müsste aber in nichts geringerem bestehen, als in der speciellen Darlegung der mannigfaltigen Wechselwirkungen der Blutkörperchen mit dem Parenchym der Organe. Letzteres ist in beständigen endosmotischen Wechselbeziehungen begriffen mit dem Blutplasma; jede, auch die kleinste Veränderung des Plasma verändert aber auch sogleich die Blutkörperchen; diese also müssen sich unfehlbar betheiligen an sämmtlichen Processen des Stoffwechsels in allen Capillargefässen des Körpers. Das Blutkörperchen ist demnach ein Vermittler der allerverschiedensten Processe des vegetativen Lebens, es ist eine Zelle der geringsten Specifität umgeben von einer Intercellularflüssigkeit von gleichem Charakter; dasselbe functionirt unter allen Zellen und Elementartheilen des Organismus in der umfassendsten, vielseitigsten Weise, und eben darin liegt ein Grund, warum diese Funktionen so wenig im Einzelnen bekannt sind. Die Blutkörperchen sind Gasträger; wenn man sie aber vorzugsweis mit der Respiration in Verbindung bringt, so ist das einseitig, denn die Beziehungen der Blutkörperchen zum respiratorischen Gaswechsel sind dem ersten Blick bloss auffallender als zu den übrigen Processen des vegetativen Lebens. Bei der Resorption ist das Blutkörperchen ebenfalls wesentlich betheiligt (208).

Der zweite Grund, warum eine speciellere Physiologie der Blutkörper zur Zeit noch unmöglich ist, liegt darin, dass die Veränderungen des Blutes während des Durchfliessens durch eine Capillarität jedesmal nur sehr gering, der Beobachtung also schwer zugänglich sind. Gleichwohl aber ist es dem Blutkörperchen nicht verwehrt, in das vegetative Leben aufs Tiefste einzugreifen, eben weil diese Veränderungen in kurzer Zeit sehr oft sich wiederholen. Eine ungeheuere Blutmasse nämlich hat in 24 Stunden die Capillaritäten durchflossen und das Blut des Menschen in dieser Zeit allermindestens 4000 Umläufe vollbracht.

Gerade die Geringfügigkeit der jedesmaligen Veränderungen, welche die Blutflüssigkeit und das Blutkörperchen bei einem Umlauf erleiden, ist von tiefgreifendster Bedeutung für den Organismus. Wären diese Veränderungen gross, so wäre das Blut eine Flüssigkeit von höchst variabeler Zusammensetzung und Eigenschaften; der Stoffwechsel der Organe müsste demnach den grössten Wechselzufällen ausgesetzt sein.

Aber nicht bloss in der Schnelligkeit des Kreislaufes liegt eine Gewähr für die so wichtige Constanz der Blutmischung, sondern auch in den Blutkörperchen selbst. Ein im Gefässsystem umgetriebenes Blutplasma würde sich, den Parenchymsäften gegenüber, als ein besonderer Saft nicht behaupten können. Die Blutkörperchen, in regen endosmotischen Wechselbeziehungen mit dem Plasma, sicheren aber die gleichmässige Zusammensetzung des letzteren.

XIII. Harnbereitung.

253. Harnbestandtheile.

Dieselben zerfallen, wenn wir von einigen quantitativ untergeordneten Bestandtheilen absehen, ihrer Entstehung nach in 3 Gruppen: 1) Stickstoffhaltige Produkte der Umwandlung der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. Fast aller Stickstoff der Nahrungsmittel kommt im Harn wieder zum Vorschein, aber in anderen chemischen Verbindungen, als er eingeführt wurde, als Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin und Kreatinin. Diese Körper stellen, da sie in den übrigen Secretionen fehlen oder in denselben nur in minimen Mengen unter Umständen vorkommen, die specifischen Bestandtheile des Harnes dar.

2) Wassser und Salze. Die in das Blut übergegangenen Salze der Zufuhren verlassen nahezu vollständig durch den Harn den Organismus und zwar meist in der nämlichen Form, wie sie eingetreten sind. Sie stellen, sammt dem Wasser, die nicht specifischen, normalen Bestandtheile des Harnes dar und dienen als Transportmittel des Stoffwechsels, im Gegensatz zu den Körpern der ersten Gruppe, welche als Umsetzprodukte des Stoffwechsels zu betrachten sind.

3) Zufällige Bestandtheile. Die meisten der in die Säftemasse zufällig gelangten Substanzen, z. B. viele medicamentösen Stoffe, werden fast ausschliesslich durch die Nieren ausgeschieden.

Dass die Körper der zwei letzten Gruppen nicht erst in den Nieren gebildet werden, versteht sich von selbst; aber sogar die specifischen Bestandtheile des Urins werden den Nieren durch das Blut zugeführt. Die Nieren sind somit bloss Absonderungsorgane gewisser Bestandtheile des Blutes.

254. Ort der Secretion..

Die Secretionsfläche der Nieren wird gebildet von den, aus einer strukturlosen Grundmembran und einer einfachen Epitellage bestehenden Harnkanälchen. Diese münden an den Spitzen der Nierenwärzchen (Malpighischen Pyramiden), deren es durchschnittlich etwa 12 giebt und zwar auf jedem Wärzchen mit etwa 300—500 Oeffnungen. Der Harn wird somit abgeführt in das Nierenbecken durch etwa 5000 solcher Mündungen. In der Marksub-

stanz verlaufen die Kanälchen in gerader Richtung, wobei sie spitzwinkelig-dichotomische Theilungen zeigen, ohne aber dabei ihre Lumina bedeutend zu ändern, um sich schliesslich in der Rindensubstanz vielfach zu winden, während sie zugleich Ausbuchtungen (von 1/5 Millimeter Durchmesser) bilden: die Nierenkapseln J. Müller's, die ihre physiologische Bedeutung erhielten zufolge der Nachweisung ihres Zusammenhanges mit den Harnkanälchen durch Bowmann und Gerlach.

Die Niere ist ausgezeichnet durch die Anordnungen ihres Gefässsystems, namentlich der Malpighi'schen Gefässknäuel der Rindensubstanz. Je eine Nierenkapsel erhält nämlich ein kleines Zweigchen der Nierenarterie (Vas afferens); dieses spaltet sich in eine Anzahl feiner Gefässe, die ohne zu anastomosiren, sich vereinen zu einem rückführenden Gefäss (Vas efferens) von viel (?) gegeringerem Durchmesser. Die Vasa efferentia lösen sich in ein eigentliches Capillarnetz auf, welches die geraden Harnkanälchen umspinnt, um dann erst in die Nierenvenenanfänge überzugehen.

Zwei anatomisch verschiedene Stellen der Nieren kommen also in Betracht bei der Secretion; es fragt, sich ob sie auch funktionell wesentlich verschieden sind. Gewöhnlich bejaht man letztere Frage, ohne freilich mehr geben zu können, als ganz allgemeine Aussagen oder unerweisbare Vermuthungen. Die gewundenen Harnkanälchen stellen offenbar eine zu geringe Secretionsfläche dar; die Harnbildung erfolgt daher, wenn auch in qualitativ und quantitativ verschiedener Weise, an beiden Stellen. v. Wittich wies in den Epitelzellen der geraden Kanälchen der Vogelniere harnsaure Verbindungen nach.

Die Nieren empfangen absolut und relativ grosse Blutmassen; die öfters gehegte Vorstellung eines trägen Blutlaufes in diesem Organ ist durch nichts begründet und so wenig gerechtfertigt, als die analogen Vorurtheile bezüglich des Leberblutlaufes.

255. Funktionen der Harnbehälter.

Die Fortbewegung des Harnes in den Harnkanälchen geschieht durch den Druck der Secretmassen von hinten her. Die Druckwechsel, welchen die Unterleibseingeweide unterworfen sind, so besonders bei den Athembewegungen, dürften von begünstigendem Einfluss sein.

Der im Nierenbecken angesammelte Harn gelangt durch periodische Contractionen der organischen Muskelfasern des Harnleiters weiter. Dieselben erfolgen im Hund etwa 6—12 mal in der Minute und sind nach 1/5 Sekunde an der Blasenmündung angekommen (Ludwig). Bei einer nicht ganz seltenen Missbildung (Exstrophia vesicae) fehlen Schaambeinsymphyse, vordere Blasenwand und die entsprechende Stelle der Bauchwand, während an der umgestülpten Hinterwand beide Harnleitermündungen bloss liegen. Man bemerkt an solchen Individuen, dass bei schwachen Secretionen der Harn tropfenweis austritt, nach übermässigem Wassertrinken aber sogar in einem Strahl.

Die Harnmengen, welche Erwachsene in der Blase zurückhalten können, variiren im höchsten Grade. Schnell eintretende Füllungen, nach starkem Trinken, werden minder gut ertragen als langsamer erfolgende.

Ein mässiger Inhalt der Blase erfordert keinen besonderen Verschluss. Nimmt die Flüssigkeit zu, so steigt ihre Spannung, zum Theil auch durch unwillkürliche Contractionen der Blasenmuskulatur. Jetzt gerathen der Sphincter vesicae, sowie die mit Querstreifen versehene Muskelschicht der pars membranacea der Harnröhre (Sphincter urethrae) in Contraction. Das Austreten des Harnes wird dadurch verhütet.

Erschlaffen die Sphincterfasern in Folge des Willensbefehles (der Sphincter der Urethra ist jedenfalls, der der Blase vielleicht ein willkürlicher Muskel), so erfolgt die Austreibung des gespannten Harnes entweder durch die Elasticität der Blase, oder mit Beihülfe der Muskulatur der Blase. Alle Fasern des Blasenkörpers und Scheitels sind dabei betheiligt; der ausschliessliche Name Detrusor urinae für die Langsfaserschicht ist nicht gerechtfertigt. Pressung der Unterleibseingeweide (nach Herabsteigen des Zwerchfells) durch die Muskeln der Bauchwand beschleunigt die Entleerung. Die letzten Tropfen werden aus der Harnröhre durch den M. bulbo-cavernosus stossweis ausgetrieben.

Die Nerven der Harnblase stammen vom Sympathicus; nur die Sphinctermuskeln erhalten noch Nerven vom 3. Sacralnerven; Rückenmarkslähmungen sind desshalb meist entweder mit beständigem unwillkürlichem Harnträufeln oder mit Harnverhaltung verbunden.

256. Zusammensetzung des Urins.

Die Hauptbestandtheile des Harnes, mittlere inneren und äusseren Bedingungen, namentlich gewöhnliche Speise- und mässige Getränkemengen und mittlere Lufttemperaturen vorausgesetzt, bieten innerhalb 24 Stunden folgende Werthe, in Grammen: Wasser 1600—1700, Summe aller festen Bestandtheile 65—70, Harnstoff 30—38, Harnsäure $^1/_2$—$^3/_4$, Hippursäure dessgleichen, (nach neueren Angaben 1—2), unorganische Verbindungen überhaupt 23—28 Grammen. Die Summe der sehr wechselnden sog. Extraktmaterien kann zu etwa 3—5 Gr. veranschlagt werden.

Die Säuren der Harnsalze sind: Chlor $10^1/_2$, Phosphorsäure $2^1/_2$—$3^1/_2$, Schwefelsäure $1^1/_2$—2 Grammen. Ausserdem kommt Kohlensäure vor und zwar frei oder gebunden an Alkalien, besonders nach dem Genuss kohlensaurer und pflanzensaurer Alkalien, also in sehr wechselnden, unbeständigen Mengen. Als Basen treten auf namentlich Natron, Kali, Kalk und Magnesia. Die täglichen Mengen der hauptsächlichsten Urinsalze betragen in Grammen: Chlornatrium 17—18, saures phosphorsaures Natron 3—4, Erdphosphate 1 (nämlich $^2/_3$ Gramm phosphorsaure Magnesia, $2\,MgO + PO^5$ und $^1/_3$ Gramm phosphorsaurer Kalk), schwefelsaures Kali (alle Schwefelsäure an Kali gebunden berechnet) 3—$4^1/_2$ Gramme. Ammoniaksalze fehlen nach den meisten Angaben im frischen Harn. Die schwer lösliche Harnsäure ist an Natron gebunden. Kleine Mengen Eisen finden sich konstant.

Von sonstigen Bestandtheilen, grossentheils als Extraktmaterien gewöhnlich zusammengefasst, sind hervorzuheben: zwei Bestandtheile des Muskelsaftes: Kreatin und vorzugsweise Kreatinin; Fette, namentlich bei fettreicher Nahrung und zugleich geringer Bewegung (Bidder), und Harnfarbstoff in verschiedenen

Modifikationen. Das von Brücke behauptete normale Vorkommen minimer Zuckermengen würde bedeutungsvoll sein gegenüber den ungeheuren Quantitäten von Traubenzucker, welche in der sog. Harnruhr durch den Urin ausgeführt werden. Keine konstanten Bestandtheile sind: Oxalsäure als Kalkverbindung und nach Lehmann's Behauptung unter Umständen (starke Zucker- oder Amylonzufuhren?) milchsaure Salze. Die Einzelbestandtheile der Extraktstoffe sind quantitativ nicht bestimmbar.

1000 Cub. Cent. Met. Harn würden demnach an Hauptbestandtheilen etwa enthalten: Harnstoff 24, Harnsäure 0,4, Chlornatrium 10—11, Phosphorsäure 2—$2^1/_4$, Schwefelsäure $1^1/_3$ Grammen.

Nach Kaupp erleidet übrigens der Harn nicht ganz unbedeutende Veränderungen in der Blase und zwar durch theilweise Resorption mehrerer seiner Bestandtheile, ganz vorzugsweise des Wassers; daher eine kleine Zunahme der Concentration beim längeren Aufenthalt in der Blase.

Die Resorptionskraft der Blasenschleimhaut, wenigstens für eingebrachte Gifte, hat schon Orfila nachgewiesen. Kaupp verglich die innerhalb 12 Tagesstunden erfolgende Harnsecretion, indem er entweder stündliche Harnentleerungen, oder nur eine einzige Entleerung am Ende der zwölfstündigen Versuchszeit vornahm. Er erhielt in Grammen:

	12 maliges Harnlassen	1 maliges Harnlassen
Wasser	895	808
Harnstoff	18,8	17,9
Chlornatrium	12,3	11,5
Phosphorsäure	1,86	1,68
Schwefelsäure	1,09	1,03
Summe der Fixa	43.8	41,7.

257. Titrirmethode.

Einige der wichtigsten Harnbestandtheile können mittelst der, hier namentlich von Liebig eingeführten, volumetrischen Methode mehr oder weniger exakt bestimmt werden. Diese in kurzer Zeit ausführbaren Proceduren sind dann von grossem Werth, wenn es sich, wie so häufig bei physiologischen und medicinischen Untersuchungen, um zahlreiche Wiederholung der Erfahrungen handelt.

Zur Bestimmung eines Harnbestandtheiles braucht man ein passendes Reagens in einer Lösung von bestimmter Concentration; der Bequemlichkeit halber soll 1 Cub. Cent. Met. Reagenslösung genau 10 Milligramme des fraglichen Harnbestandtheils ausfällen. Solche Lösungen heissen titrirte. Hat man nun zu dem, in einem Glas befindlichen abgemessenen Harnvolum (z. B. 10 Cub. Cent. Met.) aus einer mit dem Reagensfluidum gefüllten Glasröhre nach und nach soviel Reagens hinzugefügt, bis das Ende der Reaction genau erreicht ist, so ergiebt sich die, in dem verwendeten Harnvolum enthaltene Menge des fraglichen Harnbestandtheiles einfach durch Ablesung der verbrauchten Volume der Reagensflüssigkeit an der graduirten Glasröhre. Die einzelnen Titrirmethoden Liebig's können hier nur angedeutet werden, mit Umgehung der nothwendigsten Nebenbedingungen und Cautelen.

Chlornatrium. Setzt man zum Harn eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so entsteht ein weisser Niederschlag von Harnstoffquecksilberoxyd. Dieser verschwindet aber sogleich, zufolge der Anwesenheit von Koch-

salz, d. h. es entsteht salpetersaures Natron und Quecksilberchlorid. Endlich ist soviel Titrirflüssigkeit zugesetzt, dass genau alles Kochsalz verwandelt ist in Quecksilberchlorid; ein weiterer Tropfen der Titrirflüssigkeit bewirkt aber eine bleibende Trübung von Harnstoffquecksilberoxyd. Auf diesen Punkt der bleibenden Trübung kommt es an.

Harnstoff. Titrirfluidum: wiederum eine salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Es entsteht (nach Ausfällung des Kochsalzes) der erwähnte weisse Niederschlag. Setzt man von Zeit zu Zeit zu einem, auf eine Glasplatte gebrachten Tropfen der Mischung einen Tropfen kohlensaure Natronlösung, so bleibt die Mischung so lange weiss, als noch nicht aller Harnstoff ausgefällt ist. Ist aber letzterer Punkt erreicht, resp. ein wenig überschritten, d. h. befindet sich etwas salpetersaures Quecksilber in der Mischung, so wird ein Tropfen der letzteren durch den Natronzusatz gelb, nämlich durch Ausscheidung von Quecksilberoxydhydrat. Auf diesen Punkt der beginnenden gelben Färbung kommt es an.

Phosphorsäure. Setzt man Eisenchloridlösung zum Harn, so entsteht ein gelber Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd. Endlich kommt ein Punkt, wo alle Phosphorsäure verbunden ist mit dem Eisen; wird dann derselbe etwas überschritten, so wird die Anwesenheit des zu viel zugesetzten Eisens in einer filtrirten Probe der Mischung angezeigt durch Ferrocyankalien. Es ensteht eine blaue Färbung.

Schwefelsäure. Man setzt zum Harn Chlorbaryumlösung, und zwar so lang, als ein Niederschlag von schwefelsaurem Baryt entsteht.

Wegen der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Harnbestandtheile, ihrer qualitativen Nachweisungen, der mikroskopischen Untersuchung ihrer Krystallformen u. s. w., muss auf die chemischen Lehrbücher verwiesen werden.

258. Physikalische Eigenschaften des Urins.

Der Menschenharn ist klar, ohne morphologische Beimischungen (höchst sparsame Epitelzellen und sog. Schleimkörperchen, namentlich aus der Blase, kommen im Normalharn kaum in Betracht), gelblich, nach sehr starkem Wassertrinken aber nahezu farblos, und anderseits bei stark geminderter Secretion intensiv rothgelb. Der Geschmack ist salzig, der Geruch eigenthümlich, das mittlere specifische Gewicht 1018 — 1020 (anhaltende Werthe über 1030 sind abnorm; ein Sinken unter 1006 kommt nur nach starkem Wassertrinken vorübergehend vor).

Die saure Reaction des Harnes ist nach Liebig vorzugsweis bedingt durch saures phosphorsaures Natron. Hippursäure und Milchsäure (?) können nach Lehmann unter Umständen diese Reaction verstärken.

Einige Zeit nach dem Lassen zeigt sich gewöhnlich ein leichtes Schleimwölkchen im Harn; noch später erscheinen amorphe, in der Wärme wieder lösliche, meist gelbliche Niederschläge von harnsaurem Natron, deren Entstehung noch nicht gehörig erklärt ist. Die Säuerung nimmt einige Tage, oder selbst 2 bis 3 Wochen hindurch zu, unter Bildung von Milchsäure oder Essigsäure, und zwar aus gewissen Extraktivstoffen des Harnes (Lehmann), vielleicht in Folge einer

Fermentwirkung des Blasenschleimes (Scherer). Diese starken Säuren zerlegen die harnsauren Salze, es fällt Harnsäure in Krystallform, durch anhaftenden Farbstoff als röthliches Sediment, aus. Zugleich bilden sich bei dieser sog. sauren Harngährung zahlreiche Hefepilze.

Später tritt die alkalische Gährung ein, und zwar zufolge der Umsetzung des Harnstoffes (durch Wasseraufnahme) in kohlensaures Ammoniak, wobei der Blasenschleim wiederum als Gährungserreger wirkt. Die Reaction wird immer alkalischer, der Harn riecht stark ammoniakalisch, die Harnsäurekrystalle verschwinden, dagegen treten auf Sedimente von harnsaurem Ammoniak (amorph, oder zu zackigen Kugelformen aggregirt) und von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (grosse Krystalle meist in sog. Sargdeckel- oder Briefcouvertform).

259. Harnmenge.

Die Angaben über die physiologischen Schwankungen des 24stündigen Harnvolums, mässigere Getränkemengen vorausgesetzt, liegen zwischen etwa 700—2400 Cub. Cent. Met. Ausser der Abnahme der Getränkemengen bewirken besonders Temperaturzunahme und starkes Schwitzen eingreifende Minderungen des Harnvolums. Die Harnmenge schwankt in demselben Individuum bei gewöhnlicher Lebensweise, wobei die Getränkzufuhr dem Durst gemäss geregelt wird, natürlich viel mehr als bei Tag für Tag absolut gleicher Diät. Man erhält bei letzterem Versuchsverfahren überhaupt die von der Wasserzufuhr unabhängigen, bloss durch innere Körperzustände und unvermeidliche äussere Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w.) bedingten Schwankungen der Nierenthätigkeit und zwar ungefähr im Verhältniss des Minimum zum Maximum wie 1 : 2.

Kaupp beobachtete in einer 73tägigen Beobachtungsreihe unter gewöhnlicher Lebensweise 24stündige Harnvolume (in runden Zahlen) zwischen 1000 bis 3300 C. C. M. In einer zweiten 87tägigen Versuchsreihe mit genau gleichen Zufuhren und Getränkmengen (bloss die Kochsalzmengen variirten) Harnmengen zwischen 1500 bis 3000 C. C. M. In einer dritten, 105 Tage umfassenden Reihe, mit ebenfalls genau gleichen, aber viel weniger reichlichen Getränkmengen, Harnvolume zwischen 1000 und 1900 C. C. M., also ungefähr ein ähnliches Verhältniss, wie in der zweiten Reihe.

Diese Ergebnisse haben bloss einen statistischen Werth, wenn es sich nämlich um die Ein- und Ausfuhren des Körpers handelt. Zur Aufhellung der Secretionsvorgänge in den Nieren tragen sie nichts bei, wohl aber die Untersuchung der Wirkungen, welche systematisch-variabele Wasserzufuhren auf den Urin, zunächst dessen Mengeverhältnisse, ausüben. Die Aufgabe ist hier eine doppelte:

1) Einmalige Wassereinverleibung. Nach Falck erreicht die Urinsecretion etwa 2 Stunden nach dem Trinken ein Maximum, um nach 2—3 weiteren Stunden auf die gewöhnliche Stärke herabzusinken.

Ferber hat den Gang der Secretion genau verfolgt. Er trank vor 6 Uhr Morgens innerhalb 15 Minuten (kurze Einverleibungszeiten sind unerlässlich) variable Wassermengen und erhielt in den Einzelversuchsreihen, nach mündlicher Mittheilung, folgende stündliche Urinmengen in C. C. M. (Die Decimalen sind weggelassen.)

Getrunkenes Wasser in C.C.M.	Stunde						Gesammtes Harnvolum
	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	
Null	53	60	80	61	47	35	336,7
300	61	56	65	50	35	27	294,5
600	74	142	155	69	41	32	513,2
900	196	287	167	82	52	42	826,2
1200	346	494	191	81	61	41	1214
1500	382	468	154	83	54	74	1186
1800	325	721	237	69	45	36	1433

Bei dem Vorgang überhaupt sind 2 Ströme zu unterscheiden; ein Strom vom Blut zum Wasser im Darmtractus, und umgekehrt. Letzterer überwiegt erst bei nicht zu kleinen Getränkmengen; nach Trinken kleiner Wassermengen (300 C.C.M.) scheint die Urinsecretion vorübergehend geringer zu sein, als ohne Aufnahme von Getränken (?)

2) Fortgesetztes Wassertrinken. Statt der so eben betrachteten plötzlichen Ueberschwemmung des Organismus mit Wasser, auf welche ziemlich bald wieder der frühere Gleichgewichtszustand folgt, finden die Wasserzufuhren längere Zeit hindurch in proportionalen Einzelportionen statt. Der Körper muss hier bald eine Art Beharrungszustand erreichen, d. h. bestimmte, fortgesetzt einverleibte Wassermengen müssen Urine von bestimmten Durchschnittsmengen und Qualitäten bedingen.

Systematisch fortgesetzte Versuche fehlen noch; wir unterlassen desshalb die Angabe der mehr kasuistischen Versuchsresultate.

260. Bildung von Harnstoff und Harnsäure.

Der Harnstoff, ein basischer Körper, ausgezeichnet durch seinen hohen Stickstoffgehalt (46,6 %) und von gleicher elementarer Zusammensetzung mit dem cyansauren Ammon, bildet den Hauptbestandtheil des Menschen- und Säugethierharnes, während die stickstoff- und sauerstoffärmere Harnsäure in sehr viel geringerer Menge vorkommt, oder bei vielen Säugern, namentlich Grasfressern, ganz fehlt. Im Harn der Vögel und Reptilien aber kommt die Harnsäure ausschliesslich, oder neben nur sehr geringen Harnstoffmengen vor.

Beide Bestandtheile werden vermehrt bei reiner Fleischkost, gemindert bei vegetabilischer, ganz besonders aber bei stickstofffreier Nahrung. Lehmann erhielt folgende täglichen Harnstoffmengen: gemischte Nahrung 32½ Grammen, animalische 53, vegetabilische 22½, stickstofflose 15½; Kölliker und Franque bei gemischter Kost 38, reichlicher Fleischkost 92, bei vegetabilischer 29 und während stickstofffreier Nahrung 17 Grammen in 24 Stunden. Selbst bei fortgesetztem Hungern hört die Harnstoffbildung nicht auf. Wird Zucker zu stickstoffhaltiger Kost hinzugefügt, so nimmt, bei gleichbleibenden Stickstoffzufuhren, der Harnstoff ab (Hoppe).

Harnstoff und Harnsäure stehen zu einander in nahen chemischen und physiologischen Beziehungen. Die Harnsäure ist leicht zersetzbar durch oxydirende Mittel. Wird sie z. B. mit Bleiüberoxyd behandelt, so entstehen als Spaltungsprodukte: Harnstoff, Allantoin (eine Substanz, die nicht im normalen Harn Erwachsener vorkommt, wohl aber nach Wöhler in dem des Fötus und saugender

Kälber, sowie nach **Städeler** im Harn in einzelnen Fällen von gestörtem Athmen), ferner Oxalsäure, Kohlensäure und Wasser.

Diese und anderweitigen Erfahrungen über die mannigfaltigen Spaltungsweisen der Harnsäure nach deren Behandlung mit oxydirenden Substanzen, haben schon öfters zur Vermuthung geführt, das Grundprodukt der Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile sei die Harnsäure; diese werde aber im Organismus fast vollständig zerlegt in bloss 2 Endprodukte: Harnstoff und Kohlensäure, während bei minder energischer Oxydation auch Oxalsäure und selbst Allantoin auftreten könne. Der Harnstoff ist somit das stickstoffhaltige Endprodukt der regressiven Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile.

Einige physiologischen Erfahrungen unterstützen obige Vermuthungen bis zu einem gewissen Grad. Nach Einnehmen von harnsauren Salzen zeigt der Menschenharn, neben oxalsaurem Kalk, vermehrte Harnstoffmengen (**Wöhler** und **Frerichs**); der Kaninchenharn blosse Harnstoffzunahme (**Neubauer**). Ueberhaupt bieten Harnstoff und Harnsäure, wie **Liebig** hervorhebt, einen durchgreifenden Antagonismus in ihren relativen Mengen; je stärker die Oxydation, z. B. nach Körperbewegungen, desto mehr nimmt die Proportion der Harnsäure zum Harnstoff ab.

Die Vermehrung des Harnstoffs nach Muskelanstrengungen deutet darauf hin, dass die Muskeln Umsatzprodukte bilden, die schliesslich Harnstoff liefern. Letzterer kommt übrigens im Muskelsaft nicht vor, wohl aber Kreatin und Kreatinin, Glieder der regressiven Metamorphose (**Liebig**). Aus Kreatin kann übrigens auch Harnstoff erhalten werden. Bei der Bildung des Harnstoffs und der Harnsäure sind jedenfalls die Eiweisskörper auch anderer Organe betheiligt. Nach **Wurtz** soll die Lymphe keine unbedeutenden Mengen Harnstoff enthalten.

Die Umwandlung der in den Körper eingeführten Harnsäure in Harnstoff ist, wie man sieht, freilich kein sicherer Beweis, dass auch dem unter *normalen* Verhältnissen gebildeten Harnstoff Harnsäure als Vorstufe vorangehe. Es sind also immerhin andere Typen der Harnstoffbildung möglich, ja selbst wahrscheinlich. Die Bemühungen, aus Eiweisskörpern mittelst oxydirender Substanzen Harnstoff zu erhalten, sind bis jetzt vergeblich gewesen.

Zur Erläuterung der Spaltungsvorgänge der Harnsäure dienen folgende Gleichungen:

1) 2 Atome Harnsäure + 4 At. Wasser + 6 At. O = 2 At. Harnstoff + 6 At. Kohlensäure.
$C_{10}H_4N_4O_6 + 4HO + 6O = C_4H_8N_4O_4 + 6CO_2$.
2) 2 At. Harnsäure + 4 At. Wasser + 4 At O = 2 At. Harnstoff + 2 CO_2 + 2 At. Oxalsäure(C_2O_3).
3) 2 At. Harnsäure + 2 At. Wasser + 1 At. O = 2 At. Allantoin + 1 At. Oxalsäure.
$C_8H_6N_4O_6$ C_2O_3
4) 1 At. Allantoin + 1 At. Wasser + 2 O = 1 At. Harnstoff + 2 At. Kohlensäure.

Die Beziehungen des Harnstoffs zum Gesammtprocess des Stoffwechsels s. 270.

261. Entstehung der übrigen organischen Harnbestandtheile.

Sehen wir ab von den theoretischen Ansichten über die Constitution der **Hippursäure**, so ist bei diesem Harnbestandtheil vor allem hervorzuheben dessen Zerlegbarkeit in Benzoësäure und Glykokoll. Nach Einnehmen gewisser Benzoylverbindungen, z. B. der Benzoësäure selbst, erscheint Hippursäure in grösserer Menge im Harn (**Ure**). Die Benzoësäure nimmt, unter Abgabe von

2 At. Wasser, die Elemente des stickstoffhaltigen Glykokolls auf (C^{14} H^{6} O^{4} + C^{4} H^{5} NO^{4} — 2HO = C^{18} H^{9} NO.). Kühne und Hallwachs zeigten, dass die Umwandlung der Benzoësäure weder im Darm noch im Blut geschieht, indem nach Injection von benzoësaurem Natron in das Blut der Harn bloss Benzoësäure enthält. Dagegen ist die Leber bei der Hippursäurebildung betheiligt. Wird nach Abbindung der Leber Benzoësäure in den Magen gebracht, so geht sie unverändert in den Urin über; dagegen tritt Hippursäure auf nach Injection des benzoësauren Salzes mit Galle, oder mit glykocholsaurem Natron, oder mit Glykokolllösung in den Kreislauf.

Gewöhnlich fehlen aber die Benzoylverbindungen in den Zufuhren und zwar auch in denen der Grasfresser, in deren Harn Hippursäure in besonders grosser Menge vorkommt. Auch im Menschenharn ist Hippursäure ein konstanter Bestandtheil (Liebig). Ihre Entstehung muss also auf eine, freilich unbekannte innere Quelle zurückgeführt werden. Städeler hat wenigstens die Möglichkeit der Bildung von Benzoësäure aus Eiweisskörpern nachgewiesen. Für eine direktere Abhängigkeit der Hippursäure von der Nahrung spricht dagegen die Erfahrung, dass dieselbe im Harn der Pferde schwindet nach vollständiger Entziehung der Zufuhren.

Die Oxalsäure hat ebenfalls 2 Quellen. Nach Einverleibung der Säure von aussen, z. B. in gewissen Vegetablilien, entstehen die zierlichen Krystalle von oxalsaurem Kalk in Menge. Aber auch ohne diese kann der Harn oxalsäurehaltig werden; besonders nach Lehmann in Folge von Genuss kohlensäurehaltiger Getränke, oder 2fach kohlensaurer Alkalien, oder organischsaurer Salze (die im Körper in kohlensaure übergehen), kurz immer, wenn das Blut mit Kohlensäure überladen wird, also auch bei gestörter Athmung. Die Möglichkeit der Oxalsäurebildung (aus Harnsäure) wurde im vorigen Paragraphen besprochen.

Die Harnfarbstoffe sind, wegen ihrer Geneigtheit zu Umsetzungen und ihres Vorkommens in kleinen Mengen, physiologisch und chemisch nur sehr wenig gekannt. Eine Modifikation derselben (Urohämatin) halten Scherer und Harley für einen Abkömmling des Blutfarbstoffs.

262. Abfuhr der unorganischen Bestandtheile.

Die Schwefelsäure und Phosphorsäure des Urins sind zum Theil Oxydationsprodukte des Schwefels und Phosphors der Eiweisskörper, zum anderen Theil aber, sammt den Chlorverbindungen, schon mittelst der Zufuhren in Form der entsprechenden Salze in den Körper eingebracht.

Einnehmen von Chlormagnesium vermehrt nach Buchheim und Wagner die Magnesia, von Chlorcalcium, nicht aber von milchsaurem Kalk, die Kalkmenge des Urins nicht unbedeutend. Verdünnte Kalilösung dagegen vermehrt die schwefelsauren Salze nicht.

Die deutlichsten und durch zahlreiche Versuchsreihen festgestellten Einflüsse zeigen die Zufuhren der phosphorsauren-, schwefelsauren- und Chloralkalien. Vor allem kommen die gewöhnlichen Kochsalzzufuhren im Harne nicht vollständig wiederum zum Vorschein. Kaupp erhielt bei zunehmenden

Kochsalzzufuhren bedeutende Vermehrungen des Kochsalzgehaltes des Urines, zugleich aber nehmen auch die nicht in den Urin übergegangenen proportionalen Salzmengen zu. Bei einer gewissen Kochsalzdiät war die Abfuhr durch den Urin der Aufnahme des Salzes in den Körper gleich; bei kleineren aufgenommenen Salzmengen aber gab der Körper von dem aufgespeicherten Chlornatrium her.

Anders verhalten sich nach Sick die phosphorsauren Alkalisalze. Nach mässig gesteigerter Aufnahme derselben kommt alle überschüssige Säure im Urin wiederum zum Vorschein, wogegen nach demselben Forscher ein schwefelsaures Alkalisalz ungleich weniger leicht resorbirt und durch den Urin wieder abgeschieden wird.

Kaupp erhielt folgende Werthe:

Chlornatrium in Grammen		Chlornatrium des Urines in % des Aufgenommenen.
täglich aufgenommen.	täglich durch den Urin ausgeschieden.	
33,6	25,7	76
28,7	22,0	79
23,9	17,4	72
19,0	17,0	89
14,2	13,6	96
9,8	9,8	106
1,5	3,8	246

Sick's Versuche mit phosphorsaurem Natron führten zu folgenden täglichen Endwerthen. (Das einverleibte Salz ist in Säuremengen angegeben.)

Phosphorsäurezusatz in Grammen.	Harnvolum in C. C. M.	Phosphorsäure des Urins in Grammen.
0 (Norm)	2744	3,06
1	2988	4,14
2	3010	5,30
3	3058	6,12

Das phosphorsaure Natron vermehrt, wie manche andere sog. Mittelsalze, die Harnmengen ein wenig.

Die Versuche Sick's mit schwefelsaurem Natron ergeben folgende täglichen Endwerthe:

Schwefelsäurezusatz	Schwefelsäure des Urins
in Grammen:	
0 (Norm)	2,46
0,8	3,25
1,6	3,68
2,4	3,69.

263. Zufällige Bestandtheile.

In die Säftemasse gelangte, dem Organismus fremde, fixe Substanzen werden fast ausschiesslich durch die Nieren wieder ausgeschieden und zwar, wie seit Wöhler vielfach untersucht wurde, schnell oder langsam (unter Umständen ist die Ausscheidung erst nach mehreren Tagen beendet), verändert

oder nicht verändert. Die Veränderungen bestehen meistens in Oxydationen, sehr selten in Reductionen; z. B. Kaliumeiseneyanid wird als Cyanür ausgeschieden.

Die Salze der schweren Metalle finden sich auch im Harn, wenn sie anhaltend, oder auf einmal in grosser toxischer Dosis, einverleibt werden. Meistens verlassen sie das Blut in der Leber, und mittelst der Fäces den Organismus.

Viele Salze der Alkalien, z. B. schwefelsaure, salpetersaure, Jod- und Chloralkalien gehen unverändert durch den Urin ab; dessgleichen die Ammoniaksalze. Schwefelkalium als schwefelsaures Kali, gewisse Mengen, namentlich auch in toxischen Dosen, aber nicht verändert. Kohlensaure Alkalien treten zum Theil als solche in den Urin, der zugleich alkalisch wird.

Manche organische Säuren gehen unverändert über, und zwar vollständig oder, nach Buchheim, nur theilweis, während ein anderer Theil in den Säften zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird. Viele organisch-saure Alkalisalze kommen als kohlensaure Salze, Gerbsäure als Gallussäure zum Vorschein.

Eine Anzahl organischer Basen (Chinin, Strychnin, Morphium) verlassen den Harn unverändert; ausserdem gehen in denselben manche Farb- und Riechstoffe über: gewisse flüchtige Substanzen aber, wie Alkohol und Aether, finden sich entschieden nicht im Urin.

264. Folgen der Ausrottung der Nieren.

Alle Harnbestandtheile sind im Blute bereits präformirt, die specifischen mit inbegriffen, wie Prevost und Dumas zuerst bezüglich des Harnstoffes nachweisen. Nach Ausschneidung beider Nieren fanden sie, dass der vorher vergeblich im Blut gesuchte Harnstoff in grösserer Menge daselbst sich ansammelt. Der Tod tritt ein 1 — 3 Tage nach der Operation. Ausschneidung einer Niere ist nicht nothwendig tödtlich.

Die Ursachen des Todes nach der Nierenexstirpation, überhaupt nach Behinderung der Nierenfunktion (Urämie der Pathologen), sind noch nicht genügend festgestellt. Früher beschuldigte man die Harnstoffansammlung im Blut, kam aber davon zurück, weil Harnstoffeinspritzungen in das Blut sonst gesunder Thiere keine gefährlichen Symptome hervorriefen, in das Blut aber nephrotomirter Thiere wenigstens den Tod nicht beschleunigten (Stannius). Man leitete desshalb die Wirkungen von einer in Folge von Umsetzung des Harnstoffes eintretenden Ueberladung des Blutes mit kohlensaurem Ammoniak ab (Frerichs, Stannius). Dass nach Wegfall der Nierenthätigkeiten Ammoniak im Blut und der Athemluft öfters vorkommt, ist sicher; nicht minder aber auch, dass dasselbe fehlen kann.

Das Studium des Stoffwechsels nephrotomirter Thiere hat noch zu viele ungelöste Fragen offen gelassen, so dass befriedigende theoretische Erörterungen hier noch nicht möglich sind. Sicher weiss man, dass Harnstoff und kohlensaures Ammoniak in verschiedenen Secreten auftreten, und dass die im Blut und sonst angesammelte, nicht sehr bedeutende Harnstoffmenge, sowie der Harnstoff der Secretionen die Harnstoffmengen bei weitem nicht deckt, welche das Thier, selbst seinem kranken Zustand Rechnung getragen, in gleicher Zeit durch die Nieren aus-

geschieden hätte. Nicht unmöglich wäre es, dass auch nur mässigere Ansammlungen von Harnstoff im Blut die Harnstoffbildung in den Geweben beschränken und den Stoffwechsel tief alteriren dürften. Der Harnstoff wäre somit nur eine indirekt deletäre Substanz. Dass die Unschädlichkeit einer einmaligen Injection von Harnstoff in das Blut, wegen der schnellen Elimination des Einverleibten, sehr wenig beweist, braucht nicht weiter erörtert zu werden. Das Experiment müsste so gestellt werden, dass längere Zeit hindurch Harnstoffeinverleibungen stattzufinden hätten. Gallois fand übrigens, dass Kaninchen nach grossen Harnstoffdosen unter Convulsionen starben.

265. Secretionsvorgang.

Die Harnausscheidung erfolgt zwar beständig, doch so, dass sie bei anderen Nebenbedingungen eingreifende und schnellstens wechselnde Veränderungen erleiden kann. Diese Abhängigkeit von äusseren Einflüssen haben die Alten richtig gewürdigt, wenn sie einen Getränkharn, Verdauungsharn und Blutharn unterschieden und unter letzterem die Nierensecretion längere Zeit nach Aufnahme von Zufuhren verstanden. Die Secretion ist von den Zufuhren so sehr abhängig, dass der Harn der Pflanzenfresser bei Fleischnahrung eine Reihe von Eigenschaften des Carnivorenharnes annimmt und umgekehrt (der alkalische Kaninchenharn wird z. B. nach Fleischfütterung sauer), und dass andererseits bei anhaltendem Fasten eine Anzahl von Unterschieden beider Harnarten wegfällt.

Die Geschwindigkeit der Ausscheidung mancher, besonders der leicht diffusibelen Stoffe durch die Nieren ist auffallend. Jodkalium, namentlich Ferrocyankalium dem Magen einverleibt, kann schon nach 1—2 Minuten im Harn auftreten und bei Menschen mit Exstrophia vesicae (255) nachgewiesen werden: ein weiterer Grund gegen die Ansicht, dass die Nierencirculation träge erfolge.

Nachweisbare direktere Einflüsse der Nerven auf die Nierensecretion sind nicht bekannt. Warum z. B. der Harn nach Durchschneidung der (sympathischen) Nierennerven eiweiss- oder bluthaltig (Krimer), oder nach heftigem Schreck (?) und in gewissen Nervenzufällen auffallend wässrig wird, ist vorerst unerklärbar.

Die Harnbildung beruht auf dem Vermögen der Absonderungsmembran, das Hervortreten auf der Secretionsfläche gewissen Blutbestandtheilen zu versperren, andere dagegen zu gestatten. Die zwei Grundfragen: Abhängigkeit der Secretion von der Beschaffenheit u. s. w. des Nierenblutes urd den Eigenzuständen der Secretionsmembran sind vorläufig unlösbar. Injektionen von Kochsalz z. B. in den Kreislauf machen den Harn sogleich ausserordentlich salzreich; aber solche künstlichen Veränderungen der Blutmasse führen gerade hier am wenigsten zu tieferen Aufschlüssen, weil 1) in Folge wesentlich veränderter unbekannter Nebenmomente (z. B. durch die Nieren circulirenden Blutmengen) die Secretion oft ganz anormal wird (nach Wassereinspritzung wird der Harn eiweisshaltig), und weil 2) die künstlich veränderte Blutmischung selbst von Minute zu Minute sich ändert. An eine Untersuchung dieser Frage mittelst des direkten Experimentes kann vorerst noch nicht gedacht werden.

Die Vergleichung der Zusammensetzung des Blutes, resp. Plasmas, und des Harnes führt auf eine grosse Differenz der Anziehungen der einzelnen Blutbestandtheile durch das Nierenparenchym, eine Thatsache, die, wie gesagt, unerklärt ist. Das Blut führt nur sehr geringe Mengen; die Diffusibilität der Niere für diese Substanz muss also eine ganz ungeheure sein.

Die Nieren dürften durch den arteriellen Blutstrom in 24 Stunden etwa 120 Gramm. Harnstoff empfangen, davon würden ungefähr 30 % abgesondert. Die Wasser-, Chlor-, Phosphorsäure- und Schwefelsäure-Ausscheidung zeigt dagegen viel kleinere Procentwerthe. Bezeichnender zur Ueberschauung dieser Verhältnisse ist es wohl, wenn man die Quotienten der Blutplasmaprocentmengen der fraglichen Stoffe in deren Harnprocentmengen aufstellt. Wir erhalten dann für Harnstoff, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Wasser die Werthe 150 : 17 : 13 : 10 : 1.

Die Einzelbestandtheile des Urins treten insoferne unabhängig von einander durch die Nieren, als im Ganzen und Grossen eine bedeutende Vermehrung eines Bestandtheils die Mengen der übrigen nicht sehr bedeutend steigert. Gleichwohl aber zeigt der Versuch, dass deutliche Abhängigkeitsverhältnisse, wenn auch nur in beschränktem Grade und vorübergehend, eingreifen.

Nach plötzlicher Wassereinverleibung z. B. ist der Urin zwar sehr verdünnt, aber die absolute Menge der festen Bestandtheile nimmt, wenigstens einige Stunden hindurch, sehr zu.

Ferber erhielt folgende stündlichen Chlornatriummengen in Grammen nach plötzlicher (259) Wasserzufuhr:

Getränkmengen in C. C. M.	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	Summe.
0	0,430	0,504	0,720	0,541	0,397	0,366	2,928
300	0,582	0,545	0,558	0,462	0,378	0,244	2,769
600	0,537	0,791	0,949	0,486	0,308	0,270	3,341
900	0,961	1,160	0,921	0,533	0,389	0,318	4,282
1200	1,477	1,676	1,006	0,512	0,453	0,305	5,429
1500	1,754	1,720	0,962	6.716	0,978	0,442	6,572
1800	1,387	1,667	0,894	0,437	0,337	0,279	5.001

Das Urinwasser reisst also gewissermaassen, wenn es in grösserem Maasse secernirt wird, zunehmend grössere Mengen anderer Bestandtheile, z. B. Chlornatrium, mit sich fort. Bald aber tritt ein Wendepunkt ein; die stündlichen Chlornatriummengen sinken und zwar unter die Werthe, die sie einnehmen würden, wenn keine Wassereinverleibung stattgefunden hätte. Obige Tabelle Ferber's zeigt, dass dieser Wendepunkt um so früher eintritt, je grösser die Harnvolume sind, d. h. je grössere Chlornatriummengen mit dem Harn weggespült worden sind.

XIV. Statik des Gesammtstoffwechsels.

266. Qualität der Zufuhren.

Der Organismus hat ein bestimmtes Bedürfniss des Wiederersatzes für die, in Form von Ausscheidungsstoffen verloren gehenden Körperbestandtheile. Diesem Bedürfniss muss genügt werden durch bestimmte Qualitäten und Quantitäten der Ersatzstoffe.

Kein zusammengesetztes Nahrungsmittel reicht für sich hin zur Ernährung. Ausnahmen machen bloss in gewissen Lebensperioden: 1) die

Milch für den Säugling, 2) das Blut, aus welchem der Fötus der Säugthiere und 3) das Ei, aus dem der Fötus der Eierleger ihr Nahrungsmaterial ausschliesslich entnehmen. Diese Thatsachen, sowie auch die chemischen Analysen solcher Beköstigungsweisen, bei welchen der Mensch gut bestehen kann, lehren, dass der Körper nöthig hat zu seiner regelrechten Ernährung: Wasser, gewisse unorganieche Bestandtheile, mindestens je einen Repräsentanten aus der Gruppe der Eiweisskörper, der sogenannten Kohlenhydrate und Fette.

Noch viel weniger kann das Leben auf die Dauer bestehen, wenn ein einziger Nährstoff ausschliesslich dargereicht wird; wie Versuche von Tiedemann, Magendie u. A. darthun. Werden z. B. Hunde bloss gefüttert mit einem Kohlenhydrat, etwa Stärkemehl, so magern sie schnell ab; sie verzichten bald lieber auf weitere einseitige Nahrung der Art und sterben, bei Gestattung willkürlichen Wassertrinkens, nach 2—4 Wochen im Zustand höchster Entkräftung. Etwas länger wird das Leben erhalten bei einseitiger Nahrung mit Fetten, verhältnissmässig am längsten bei solcher mit Eiweisskörpern.

Der Gehalt der Nahrungsmittel an Eiweisskörpern ist von hoher Wichtigkeit, ohne aber, wie man früher meinte, deren „Nahrungswerth" unmittelbar darstellen zu können. Am höchsten stehen in dieser Beziehung (s. Tabelle 182), Käse (einige 60 %) und Hülsenfrüchte. Nebstdem kommt in Betracht das Verhältniss der Stickstofffreien Nährsubstanzen zu den Stickstoffhaltigen. Werden die letzteren = 1 gesetzt, so betragen die ersteren: in Linsen und Erbsen etwa 2, im Ochsenfleisch $1^3/_4$, Mehl 5, Kartoffel 10 u. s. w.

267. Quantität der Zufuhren.

Wir betrachten hier nur den in mittleren Verhältnissen lebenden erwachsenen Menschen, der weder extremen äusseren, atmosphärischen u. s. w. Einflüssen ausgesetzt ist, noch von einzelnen seiner Funktionen, z. B. der Muskelthätigkeit, einen einseitigen Gebrauch oder Nichtgebrauch macht. Bestimmte Abweichungen von der durchschnittlichen Lebensweise bedingen, wenn den geforderten Leistungen auf die Dauer entsprochen werden soll, Modifikationen der Zufuhren nach Quantität und Qualität.

Der Erwachsene ist gut genährt, wenn er, bei ihm zugemutheter mittlerer Arbeit, täglich etwa erhält in Grammen: 120 Eiweisskörper, 90 Fette und 330 Amylacea; ein Verhältniss also der Stickstoffhaltigen Substanzen zu den Stickstofflosen wie 1 zu etwa $3^1/_2$.

Die Nahrungsmittel enthalten die genügenden Mengen anorganischer Bestandtheile; der übliche Kochsalzzusatz hat mehr die Wirkung einer Würzung der Speisen, als die eines Ersatzmittels. Die mittlere Wasserzufuhr in Speisen und Getränken beläuft sich auf etwa 2700—2800 Grammen. Die täglichen Ersatzstoffe betragen annähernd $3^1/_3$ Kilogramme ($6^1/_3$—$6^1/_2$ Pf.), d. h. ungefähr $^1/_{20}$ des Körpergewichtes.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht aller 24stündigen Zufuhren (den inspirirten Sauerstoff mitgerechnet), wobei von denjenigen, welche im Or-

ganismus chemische Umlagerungen erfahren, auch die Mengen der Elementarbestandtheile angegeben sind. Der O und H des Stärkmehls sind (s. 283) als Wasser angenommen. Die Zahlen bedeuten Gramme.

	Total	Wasser	C	H	N	O	O der Atmosphäre.
Atmosphär. Zufuhr . .	(744,1)	—	—	—	—	—	744,11
Eiweisskörper	120	—	64,18	8,60	18,88	28,34	—
Fette . . .	90	—	70,20	10,26	-	9,54	—
Amylon . .	330	183,18	146,82	—	—	—	—
Wasser . .	2635	—	—	—	—	—	—
Salze . . .	32	—	—	—	—	—	—
	3207	183,18	281,20	18,86	18,88	37,88	744,11
	(744,1)					781,99	
	3951						

Mulder, Playfair, Liebig u. A. haben die Zufuhren aus den statistischen Angaben über die Beköstigungen einer grösseren Zahl von Menschen, z. B. Soldaten, Arbeiter, berechnet. Die Werthe bezüglich der Eiweisskörper schwanken zwischen 67 bis selbst 200, die der stickstofffreien Substanzen zwischen etwa 330 bis 480 Grammen; Abweichungen, die sich grossentheils aus der Verschiedenheit der Lebensweisen der, jenen Beobachtungen zur Grundlage dienenden Classen erklären.

268. Verluste des Körpers.

Das Körpergewicht des Erwachsenen ist im Normalzustand als konstant anzunehmen, d. h. die durchschnittlichen täglichen Zufuhren decken genau die durchschnittlichen Ausgaben derselben Periode.

Die Ausscheidungsstoffe sind: anorganische Salze, Wasser, Kohlensäure und Harnstoff; von den übrigen: Harnsäure, Harnextractivstoffen, Hautfetten u. s. w. kann, da sie sehr wenig in's Gewicht fallen, bei den meisten statistischen Fragen abgesehen werden.

Als komplexe chemische Körper werden die organischen Ersatzstoffe aufgenommen, um den Organismus in Form sehr weniger, grösstentheils unorganischer, einfacher Verbindungen zu verlassen. Die Salze verändern sich nicht wesentlich, sowie auch fast alles ausgeschiedene Wasser schon als solches in den Zufuhren enthalten war.

Folgende (in Grammwerthen gegebene) Uebersicht diene zur Vergleichung der Ausgaben unter sich und mit den Einnahmen eines gut beköstigten Menschen für den Zeitraum von 24 Stunden.

	Total	Wasser	C	H	N	O	Salze
Athmen .	1229,9	330	248,8	—	?	651,15	—
Hautausdünstung . .	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
Urin . .	1766,0	1700	6,8 3,0	2,3 1,0	15,8 —	9,1 2,0	26
Koth . .	172,0	128	20,0	3,0	3,0	12,0	6
Summe .	—	2818	281,2	6,3	18,8	681,45	32
Wasserbildung	113,1	—	—	12,56	—	14,78 85,76	—
	3951			18,86		781,99	

Die obere Reihe Zahlen in der Rubrik Urin entspricht den stickstoffhaltigen Bestandtheilen, als Harnstoff in Rechnung gebracht. Die Lungenkohlensäure enthält 651,15 Grammen Sauerstoff. Etwa $^2/_3$ des H der Nahrung können als zur Wasserbildung dienend angenommen werden; es sind also 12,56 Gramme H zu oxydiren; dazu sind nöthig 100½ Gramm O; das meiste davon (85,76 Gramme) wird vom atmosphärischen O geliefert, ein kleiner Theil (14,78 Gramme) von dem O der Zufuhren, der durch den O Gehalt des Urins und Koths nicht gedeckt wird.

Die Vergleichbarkeit mit der in 267 gegebenen Tabelle wird erleichtert, wenn das im Organismus entstehende Wasser nicht in die übrigen Ausgaben eingerechnet wird.

Die Athmung scheidet also etwa 32, die Hautausdünstung 17, der Koth 4½, der Harn 46½ Procente der gesammten Excretionsmassen aus.

Unsere Angaben beruhen auf den zahlreichen, jetzt vorliegenden direkten Erfahrungen über die Einzelausscheidungen und die Zufuhrmengen; sowie sie auch kontrollirt werden durch die Bestimmungen des sog. unmerklichen Verlustes, welche zuerst von Sanctorius, zu Anfang des 17. Jahrhunderts, und zwar in umfassendster Weise, angestellt worden sind. Sanctorius untersuchte mittelst der Wage diese sog. Perspiratio insensibilis und verglich sie mit den sensibeln Ausscheidungen (Urin und Koth), sowie mit den Einnahmen; das erste Beispiel statistischer Bestimmungen der Einnahmen und Ausgaben des Körpers, überhaupt der Anwendung der messenden Methode zu physiologischen Zwecken. Im vorigen Jahrhundert wurden diese Bemühungen von Keill, Gorter u. A. fortgesetzt; die ausführlichste neuere Versuchsreihe ist von A. Volz.

Wägt man sich von Stunde zu Stunde, ohne Harn und Koth zu entleeren, so erhält man einen durchschnittlichen Gewichtsverlust je von etwa 50 Grammen; also ungefähr 1200 Grammen in 24 Stunden. Dieser Verlust muss offenbar gedeckt werden durch den Kohlenstoff der Respiration und Hautausdünstung (251,4), und das Athmungs- und Hautwasser (990), in Summa 1241 Grammen, laut obiger Tabelle.

Nach Volz kommen von 100 Theilen Körpergewichtsverlust 59 % auf den Urin, 35 auf die Perspiratio insensibilis, 6 % auf den Koth. Unsere 1241 Grammen stehen mit 32—33 % obigem Werth (35 %) nahe. Dass diese Wägungen nicht den absoluten Verlust durch Haut und Lunge ausdrücken, ist klar; sie geben bloss den Ueberschuss des Gewichtes der Kohlensäure und des Lungen- und Hautwassers über den aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff.

269. Abänderungen des durchschnittlichen Stoffwechsels.

Die Thatsachen der vorigen Paragraphen haben einen ausschliesslich statistischen Werth; sie beziehen sich nämlich bloss auf das Anfangs- und Endstadium der zahlreichen und vielverschlungenen Processe des durchschnittlichen Stoffwechsels und Stoffumsatzes im Körper.

Die bisher betrachteten Specialfunktionen bilden die einzelnen Glieder dieser Processe. Eine übersichtliche Darstellung des gesammten Stoffwechsels im Zusammenhang, also aller Ortsveränderungen und chemischen Umsetzungen, welche die in den Körper eintretenden chemischen Molekeln erfahren, ist gegenwärtig noch nicht möglich.

Wir kennen zwar die in einer bestimmten Zeit umlaufende Blutmasse; wir vermögen selbst die den Einzelorganen zuströmenden Blutmengen in einer, für manche der vorliegenden Fragen genügenden Weise zu taxiren; wir kennen endlich mehr oder weniger die Secrete nach Menge und Zusammensetzung. Dagegen sind uns unbekannt die Mengen der in einer bestimmten Zeit gebildeten Lymphe, die qualitativen und noch viel mehr die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels (der An- und Rückbildung) der Einzelorgane, sowie endlich die Umsetzungen, welche, unabhängig von dem übrigen Stoffwechsel, in der Blutmasse selbst ablaufen.

Es fehlen demnach so wesentliche und zahlreiche Glieder, dass an eine eindringlichere Betrachtung des Gesammtvorganges zur Zeit noch nicht gedacht werden kann. Gerade die minder bekannten Phänomene sind der direkten Beobachtung unzugänglich, während die indirekten Methoden zu Ergebnissen führen, die meistens verschiedener Auslegungen fähig sind. Gleichwohl sind diese Methoden vorerst die einzigen, mittelst welcher diesen verwickelten Aufgaben beizukommen ist. Die hierher gehörigen Methoden sind etwa folgende:

1) Man steigert oder verringert die Körperverluste. Man beschleunigt z. B. die Athmung, bei sonstiger Körperruhe, einseitig stundenlang; oder man versetzt die Muskeln in anhaltend starke oder möglichst geringe Thätigkeit. Die angestrengte Muskelarbeit im ersten Fall bedingt stärkere Körperverluste, somit auch das Bedürfniss erhöhter Zufuhren (s. Physiologie der Körperzustände).

2) Man steigert bei sonst gleicher Lebensweise die Zufuhren. Eine solche einseitige Mehrung der Ersatzstoffe verändert wesentlich die Mengen der Ausgaben und vermehrt häufig auch das Körpergewicht.

3) Man verringert die Zufuhren unter den Bedarf, oder sistirt sie vollständig. Die dadurch bedingten Inanitionszustände des Körpers verändern wiederum die Ausfuhren in eingreifender Weise.

4) Man verändert die Proportionen der Einzeleinnahmen, zum Theil selbst in eingreifendster Weise, d. h. bis zur einseitigen Darreichung eines einzelnen Nährstoffes.

5) Man ermittelt die Zufuhrbedürfnisse und die Ausscheidungen in gewissen Krankheiten. Gerade hier stossen wir auf überaus merkwürdige Zustände, in denen der Stoffwechsel völlig aus den Fugen gerissen ist. Hierher gehört z. B. die enorme Zuckerabgabe durch den Urin in der Harnruhr und deren theilweise Abhängigkeit von den Zufuhren. Besonders interessante Beispiele bieten manche heftigeren Fieber. Im Abdominaltyphus kann die tägliche Harnstoffmenge auf 50, selbst 70 Grammen steigen, obschon der Kranke sich unter Bedingungen befindet (Aufenthalt im Bett, nahezu vollständiges Fehlen stickstoffhaltiger Zufuhren), unter welchen ein sonst Normaler nur sehr wenig Harnstoff bilden würde. Die ungeheure Harnstoffproduktion des Fiebernden bietet also scheinbar keine Analogien mit den gewöhnlichen äusseren Bedingungen der Harnstoffbildung.

Bischoff und Voit haben soeben die Ergebnisse umfassender Versuche

an Hunden über einige Hauptfragen der Ernährungsstatik veröffentlicht, die wir in den nächsten Paragraphen betrachten.

270. Reine Fleischkost.

a. Normalconsumtion von Fleisch. Ein ausschliesslich mit Fleisch gefütterter Hund bedarf eine tägliche Fleischportion von nicht weniger als $^1/_{25}$ bis selbst $^1/_{20}$ seines Körpergewichtes, wenn die Einnahmen die Ausgaben decken, das Thier also bei seinem bisherigen Körpergewicht stehen bleiben soll.

b. Fleischmästung. Wird dem Thier mehr Fleisch gereicht, als zum Ersatz seiner Körperverluste nothwendig ist, so nimmt es zu an Gewicht. Dieses neue Körpergewicht erfordert aber, wenn es beibehalten werden soll, seinerseits wieder eine bestimmte und zwar grössere Fleischzufuhr, als vorher. Das an Masse immer mehr zulegende Thier verlangt also, um im jedesmaligen statu quo verharren zu können, zunehmend grössere Fleischportionen.

Während dieser steigenden Fleischfütterung verbraucht der Hund immer weniger Fette von seinem Körper; er wird zunehmend reicher an Muskelmasse und Blut; der Umsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile wird immer grösser und die Harnstoffproduktion ungeheuer gesteigert. Ein 38 Kilogramme schwerer Hund Bischoff's bildete, als ihm das Achtfache seiner gewöhnlichen Fleischration (die er vollständig verdaute) gereicht wurde, täglich nicht weniger als 190 Gramme Harnstoff. Ebenso beobachtete Bidder und Schmidt an einer sehr reichlich gefütterten Katze, neben stark vermehrten Harnstoffmengen, eine bedeutende Zunahme der ausgeathmeten Kohlensäure.

Endlich aber ist ein Grenzpunkt der Mästung erreicht; das Thier frisst nicht mehr und büsst rasch seine mittlerweil erlangte Körperfülle, zum Theil oder selbst ganz, wieder ein. —

Zum richtigen Verständniss dieser Verhältnisse erinnern wir vor Allem daran, dass auch der ruhende, d. h. keinen mechanischen Effekt leistende Muskel in ununterbrochenem Stoffumsatz begriffen ist und darum bestimmte Ersatzmengen beansprucht. (Dadurch unterscheidet sich der Muskel von einer Arbeitsmaschine. Diese, wenn sie nicht arbeitet, erheischt auch keine Zufuhr von Kraft, giebt dann aber auch nichts her, während der Muskel, auch im ruhenden Zustand, z. B. Wärme hergiebt). Der Muskel kann sich also der Einwirkung des Sauerstoffes des Blutes nicht erwehren und ein gewisser Antheil Muskelmasse verfällt diesem zehrenden Einfluss unter allen Umständen.

Nimmt nun mit steigender Mästung das Blut und die Muskulatur zu, so muss

1) ganz nothwendig die Umsatzgrösse der ruhenden Muskeln wachsen; aber auch

2) erfordert die jetzt vorhandene grössere Blutmenge, um umgetrieben zu werden, eine stärkere Arbeit des Herzens (178); die Athemzüge werden tiefer und häufiger, die Respirationsmuskeln also mehr angestrengt u. s. w. Mit einem Wort, diejenigen Muskelbewegungen, welche zunächst dem Organismus allein zu gut kommen, die sog. inneren Bewegungen, veranlassen einen verstärkten Umsatz der Muskelmasse. Endlich sind

3) auch die äusseren Bewegungen, d. h. die eigentlichen Arbeitsleistungen, die mechanischen Nutzeffekte des Organismus (286) grösser, oder sie können wenigstens grösser sein, indem ein muskelstarker, gutgenährter Organismus viel mehr arbeiten kann, als ein mittelmässig genährter. Es ist ausserdem sicher, dass im muskelstarken, mit reichlichen Zufuhren versehenen Organismus die Grösse der äusseren Arbeit in einem günstigeren Verhältniss zur inneren Arbeit steht, als bei einem minder kräftigen Körper.

Das immer fleischreicher und schwerer werdende Thier erfährt demgemäss einen, absolut immer mehr zunehmenden Umsatz seiner Muskeln. Dagegen nimmt die relative Umsatzgrösse der Muskeln ab, d. h. je massiger der Muskel, desto geringer wird (aus vielfachen, der Muskelphysiologie und den Gesetzen des organischen Stoffumsatzes zu entnehmenden Gründen, deren Auseinandersetzung uns aber zu weit führen würde) die Umsatzgrösse des Muskels im Verhältniss zu dessen Gewicht. Dabei nimmt einerseits die zehrende Wirkung des Sauerstoffes auf den ruhenden Muskel relativ immer mehr ab, während andererseits auch die Umsatzprodukte, welche der Muskel liefert, um eine bestimmte Arbeit zu vollführen, im Verhältniss zu seiner jetzigen grossen, arbeitenden Muskelmasse, abnehmen. Alle diese Umstände begünstigen offenbar den Ansatz neuer Muskelmassen von Seiten des Thieres.

Diese successiven Steigerungen der Fleischzufuhr und des Muskelumsatzes des Thieres haben aber ihre Grenze; dasselbe hört auf, weiter an Masse zuzulegen; ja es kann selbst die gewonnene Masse nicht mehr behaupten; wohl desshalb, weil zahlreiche anderweitige, bei diesen Vorgängen mitbetheiligte Funktionen (Verdauung, Blutmenge, umgetriebene Blutmassen, Respiration — es ist übermässige Venosität des Blutes vorhanden — u. s. w.) nur bis zu einer gewissen Grenze gesteigert werden können.

270a. Leim.

Fertiger Leim und leimgebende Gewebe werden nach Bischoff und Voit in Harnstoff umgesetzt. Diese Forscher betrachten ihn desshalb als ein Mittel, den Verbrauch an stickstoffhaltigen Bestandtheilen bis zu einem gewissen Grad zu beschränken.

Der physiologische Werth des Leimes hat von jeher die verschiedensten Beurtheilungen erfahren; Manche haben ihn als Nährmittel hoch gepriesen, während ihn Andere als bedeutungslos ansahen. Wir dürfen wohl annehmen, dass der Leim nicht im Stande ist, Stoffumsatzverluste der Muskeln zu ersetzen, d. h. als direktes Surrogat der Eiweisskörper selbst zu dienen; dagegen liegt die Vermuthung nahe, dass er den Umsatz des ruhenden Muskels beschränkt, indem der Leim selbst anstatt der Muskelbestandtheile der Sauerstoffeinwirkung anheimfiele.

270b. Respirationsmittel.

Reine Fettfütterung. Die stickstoffhaltigen Körpertheile, also namentlich die Muskeln, fahren auch jetzt noch fort, arbeitend sowohl als ruhend, bestimmte Umsetzungen zu erleiden. Aber wegen der fehlenden stickstoffhaltigen

Zufuhren nimmt die Masse der Muskeln selbst ab; die abnehmende Masse bedingt ihrerseits eine Minderung des Umsatzes der Muskelsubstanz. Das genossene Fett verfällt der Oxydation ganz vorzugsweise, es werden somit grössere Mengen Wärme als sonst auf Kosten der Fette gebildet; die Einwirkung des eingeathmeten Sauerstoffes auf die Muskeln wird also durch die Anwesenheit des Fettes herabgesetzt, mit andern Worten: der Verbrauch an stickstoffhaltigen Körperbestandtheilen wird durch das Fett gemindert.

Kohlenhydrate (Zucker, Stärkemehl u. s. w.) spielen eine ähnliche Rolle wie das Fett.

Liebig hat desshalb schon längst die Fette sammt den Kohlehydraten, „Respirationsmittel" genannt und damit einen fundamentalen und sehr eigenthümlichen Process des thierischen Stoffwechsels zu umgrenzen gesucht.

Diese Liebig'sche Anschauung hat von jeher zu vielen Missverständnissen, und zwar unter den Gegnern, wie unter den Vertheidigern derselben, Anlass gegeben. Dass den Muskeln, insofern sie (innere oder äussere) Arbeit verrichten, an Kraft, resp. Umsatz, nichts erspart sein kann, versteht sich von selbst; wohl aber wird die zehrende Wirkung des Sauerstoffes auf die ruhenden Muskeln durch die Fette entschieden vermindert. In diesem Sinne ist die Aufstellung der „Respirationsmittel" Liebig's zu verstehen.

270c. Darreichung von Fleisch sammt Fett.

a. Normalconsumtion. Soll ein Hund so mit Fleisch und Fett gefüttert werden, dass lediglich sein Körpergewicht erhalten und somit dessen normales Nahrungsbedürfniss vollständig gedeckt werde, so ist nach Bischoff und Voit eine drei- bis selbst viermal kleinere Fleischportion erforderlich, als bei ausschliesslicher Fleischkost. Das Fett also bewährt auch hier seine Eigenschaft, den Verbrauch an stickstoffhaltigen Körperbestandtheilen zu mindern; offenbar darum, weil das Fett gehörige Sauerstoffmengen in Beschlag nimmt, dadurch also die zehrende Wirkung des Sauerstoffes auf die Muskeln mindert und (da bloss gefordert wird, dass das Thier bei seiner Muskulatur erhalten werde) den Fleischbedarf der Nahrung herabsetzt.

b. Ueberschreitung der Normalconsumtion von Fleisch und Fett. Wird bei normaler Fettzufuhr die Fleischmenge über den nöthigen Bedarf gesteigert, so wird das Plus von Fleisch verbraucht, d. h. die stickstoffhaltigen Theile erleiden einen entsprechend stärkeren Umsatz. Da aber letzterer grössere Sauerstoffmengen in Anspruch nimmt, so wird andererseits weniger Fett verbraucht; das Thier legt also Fett an. Ja es giebt, nach Bischoff, einen Punkt zunehmender Fleischfütterung, wo das Thier fast alles Fett ansetzt, d. h. wo es fast ausschliesslich auf Kosten von Fleisch lebt. Steigert man aber die Fettmenge, dann erfolgt wieder ein bestimmter Ansatz von Fleisch.

271. Nahrungsentziehung.

Die ersten umfassenden Versuche der Art hat Chossat an Thieren verschiedener Classen durchgeführt; Bidder und Schmidt, Bischoff u. A. verfolgten den Chemismus des Stoffumsatzes in Hungernden näher.

Das hungernde Thier verliert beständig an Körpergewicht; am stärksten sind die Verluste des ersten Tages, zum Theil desshalb, weil in diesen die Entleerung der Residuen der vorher genossenen Nahrung fällt. Im Verlauf des Hungerns nehmen die Verluste ab; in den letzten Tagen können sie unter Umständen wieder steigen (wenn erschöpfende Durchfälle auftreten); in den letzten Lebensstunden sind sie höchst gering.

Der Tod tritt ein, wenn die Thiere durchschnittlich etwa $^4/_{10}$ ihres Körpergewichtes verloren haben. Die Schwankungen sind übrigens ziemlich breit; sie liegen zwischen $^1/_5$ und $^1/_2$ des Körpergewichtes. Letzterer Werth kann eintreten bei sehr fetten, ersterer bei schwächeren, namentlich auch jüngeren Thieren.

Je stärker der auf die Körpergewichtseinheit bezogene Stoffwechsel, desto früher tritt der Termin ein, bis zu welchem die Thiere den tödtlich werdenden Körperverlust erleiden. Frösche sterben durchschnittlich erst nach 9 Monaten; kleinere Säugthiere und Vögel, bei gleichzeitiger Entziehung des Getränkes, etwa in 9 Tagen. Menschen sollen unter solchen Umständen (war die Darbung eine absolute?) 3 Wochen gelebt haben.

272. Einzelprocesse des Stoffwechsels im Verhungernden.

Das Blut wird, während es an Masse bedeutend abnimmt, immer concentrirter, vorausgesetzt, dass auch die Wasserzufuhr aufhört (Nasse). Die oberflächlichen Theile werden blass, welk; die Haut runzelig in Folge des Schwindens des Fettes. Die Secretionen werden sparsam und concentrirter. Der Mund ist auffallend trocken, die Secretion des Magensaftes hört ganz auf. Die Gallenblase füllt sich stark mit einer dickflüssigen Galle. Die Fäces der ersten Tage enthalten wenige in Alkohol löslichen Gallenbestandtheile, später nehmen diese zu, d. h. es findet jetzt keine Resorption von Galle mehr statt (Bidder und Schmidt). Puls und Athemzüge werden seltener; der respiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend ab, so aber dass die relative Menge Sauerstoff, welche nicht wieder in Form von Kohlensäure zum Vorschein kommt, zunimmt. Die Harnmengen sinken anfangs schnell; der concentrirte Harn reagirt stark sauer. Die Neubildungen, z. B. Verheilung von Wunden, Knochenbrüchen, Eitersecretionen sind bedeutend beeinträchtigt, selbst ganz sistirt; alle Funktionen des Stoffwechsels also in hohem Grade herabgesetzt. Die Muskelschwäche nimmt immer mehr zu; unter Sinnesverwirrung und schlafsüchtigen Zuständen gehen die Thiere zu Grund.

Die absoluten und relativen (d. h. auf das jeweilige Körpergewicht bezogenen) Werthe der Einzelsecretionen im Verlaufe der Inanition können erst nach viel umfassenderen Erfahrungen als den gegenwärtig vorliegenden mit Sicherheit aufgestellt werden.

Die ausgedehnteste Arbeit der Art haben Bidder und Schmidt geliefert. Das Versuchsthier (Katze) erhielt ausser kleinen Wassermengen nichts. Die 24-stündigen Kohlensäurewerthe beziehen sich freilich nur auf ungefähr je 2 tägliche Versuchsstunden. Die Versuchsreihe begann 8 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Die Zahlen bedeuten Gramme. Bloss die Endsummen sind genauer (bis in die zweiten Decimalen) angegeben.

Versuchstag.	Körpergewicht in der Mitte des Versuchstags.	Getrunkenes Wasser.	Harnmenge.	Harnstoff.	Unorganische Bestandtheile des Harns.	Trockene Fäces.	Ausgeathmete Kohle.	Wasser in Harn und Fäces.
1	2464	—	98	7,9	1,3	1,2	13,9	91,4
2	2297	11,5	54	5,3	0,8	1,2	12,9	50,5
3	2210	—	45	4,2	0,7	1,1	13,0	42,9
4	2172	68,2	45	3,8	0,7	1.1	12,3	43,0
5	2129	—	55	4,7	0,7	1,7	11,9	54,1
6	2024	—	44	4,3	0,6	0,6	11,6	41,1
7	1946	—	40	3,8	0,5	0,7	11,0	37,5
8	1873	—	42	3,9	0,6	1,1	10,6	40,0
9	1782	15,2	42	4,0	0,5	1,7	10,6	41,4
10	1717	—	35	3,3	0,4	1,3	10,5	34,0
11	1695	4,0	32	2,9	0,5	1,1	10,2	30,9
12	1634	22,5	30	2,7	0,4	1,1	10,3	29,6
13	1570	7,1	40	3,4	0,5	0,4	10,1	36,6
14	1518	3,0	41	3,4	0,5	0,3	9,7	38,0
15	1434	—	41	2,9	0,4	0,3	9,4	38,4
16	1389	—	48	3,0	0,4	0,2	8,8	45,5
17	1335	—	28	1,6	0,2	0,3	7,8	26,6
18	1267	—	13	0,7	0,1	0,3	6,1	12,9
		131,5	775	65,93	9,79	15,76	190,8	

273. Abnahmen der Körperorgane des Verhungernden.

Die Organe nehmen ohne Ausnahme ab an Gewicht und Volum, jedoch, wie **Chossat** zeigte, in sehr verschiedenem Grade. Nach eingetretenem Hungertod sind geschwunden: Fett um $^9/_{10}$ des Gewichtes (die Fettzellen selbst bleiben erhalten, bloss ihr Inhalt schwindet, **Kölliker**), Milz $^7/_{10}$, Pankreas und Leber $^5/_{10}$, Herz, Muskeln, Nahrungskanal (der zugleich bedeutend kürzer wird) $^4/_{10}$, Nieren $^3/_{10}$, Athmungsorgane $^2/_{10}$, Knochen $^1/_6$, Auge $^1/_{10}$, centrales Nervensystem $^1/_{50}$. Sehr gross, aber noch nicht exakt bestimmt, scheint die Minderung der Blutmasse zu sein.

Offenbar sind hier zweierlei Verhältnisse zu unterscheiden: 1) Gewisse Organe schmelzen indirekt, d. h. vorzugsweis in der Art, dass ihre Bestandtheile unverändert eintreten in die Blutmasse, um entweder schon dort, oder erst wenn sie in das Parenchym gewisser Organe übergegangen sind, der regressiven Metamorphose anheimzufallen. Die schmelzenden Theile tragen also zunächst zur Ernährung *anderer* Körperbestandtheile bei. Hierher gehören ohne Zweifel die Fette, zum Theil aber auch wohl die Proteinsubstanzen.

2) Andere Organe aber schmelzen direkt, d. h. vorzugsweis in der Art, dass sie unmittelbar Produkte der regressiven Metamorphose liefern, welche keiner weiteren Verwendungen mehr fähig sind.

Die Gewichtsabnahmen der Organe lehren nichts über deren Stoffwechselintensitäten während der Inanition. Ein Organ nämlich, welches sein Gewicht annähernd behauptete, kann einen geringen oder einen starken Stoffwechsel erlitten haben; im letzteren Fall musste es energisch auf Kosten der schmelzenden Organe vegetirt haben. Diess mag namentlich beim Nervensystem der

Fall sein, bei welchem übrigens Bidder und Schmidt viel grössere Verluste erhielten, als oben angegeben. Die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens der Einzelorgane sind durchaus unbekannt.

Bidder und Schmidt ermittelten an dem in 272 erwähnten Versuchsthier während der ganzen Dauer der Inanition einen Verlust von etwa 204 Grammen Eiweisskörpern, 133 Fetten, 10 anorganischen Bestandtheilen und 1000 Grammen Wasser. Der Vorrath des Körpers an Eiweisskörpern hätte demnach sich gemindert etwa um 39 %, die unorganischen Bestandtheile um $1\frac{1}{2}$ %, das Wasser um 58 % (das Thier durfte kleine Wassermengen geniessen), die Fette dagegen waren fast völlig geschwunden. Die Summe aller festen Bestandtheile nahm ab um 87 %.

Bidder und Schmidt berechneten das Gewicht der der regressiven Metamorphose verfallenen Eiweisskörper annähernd aus dem Stickstoffgehalt der Fäces und des Harnes. Von dem direkt bestimmten Gesammtverlust an Kohlenstoff (in Harnstoff, Fäces und Lungenkohlensäure) wurde abgezogen der Kohlenstoff der Eiweisskörper und der Rest als Kohlenstoff der Fette berechnet. Der auf diese Weise erhaltene Fettverlust ist wohl etwas zu gross. Die Gesammtverluste an festen Bestandtheilen des Körpers und an Wasser wurden auch direkt bestimmt durch Vergleichung des verhungerten Thieres mit einem normalen von gleichem Wuchse.

Zahlreiche chemische Analysen der Einzelorgane in den verschiedenen Zeiträumen der Inanition gehören zu den dringendsten Bedürfnissen der Physiologie des Stoffwechsels.

274. Ungenügende, genügende und übermässige Consumtion.

So selbstverständlich die Eintheilung der Kostmaasse in die genannten 3 quantitativen Categorien Jedem auch erscheinen mag; so leicht diese letzteren, wenigstens durch wohlfeile teleologische Definitionen von einander zu unterscheiden sind; so schwierig ist es gleichwohl, dieselben wissenschaftlich zu definiren und von einander abzugrenzen.

Namentlich hat die Luxus- oder übermässige Consumtion, seitdem Bidder und Schmidt zuerst versuchten, dieselbe bestimmter festzustellen, die verschiedensten Deutungen erfahren. Man war z. B. der Meinung, dass nur ein gewisser Theil der stickstoffhaltigen Ersatzmittel in die Organe übergehe, während ein anderer Antheil direkt in der Blutmasse in Produkte der regressiven Metamorphose (Harnstoff u. s. w.) umgewandelt würde. Hinsichtlich der proportionalen Mengen beider Antheile herrschten aber grosse Widersprüche. Die Einen waren der Ansicht, die Betheiligung der Gewebe an den Ausscheidungsstoffen überhaupt, mit einem Worte: der Stoffwechsel der Gewebe sei nur sehr gering und weitaus die meisten Umsetzungen erfolgten innerhalb der Blutmasse selbst. Ja noch mehr; es wurde selbst behauptet (Frerichs), die Umsetzungen der Gewebe seien eine von den Zufuhren vollkommen unabhängige, konstante Grösse und zwar sei diese Grösse ausgedrückt durch diejenige Umsatzmenge, welche das hungernde Thier liefere, während das ganze Plus von stickstoffhaltigen Umsatzprodukten im gutgenährten Thier auf Kosten von dessen stickstoffhaltigen Blutbestandtheilen gebildet werde. Diese Ansicht ist nicht im Einklang mit den mechanischen Grundprincipien der Naturwissenschaften; die

Muskeln können Kraft entwickeln eben immer nur auf Kosten ihrer eigenen Masse; dass aber die Muskeln im hungernden Thier sehr viel schwächer arbeiten, als im wohlgenährten, zeigt die tägliche Erfahrung.

Die vorliegenden Fragen sind, mit Liebig, Bischoff und Anderen, in folgender Weise aufzufassen.

Die Grundprocesse des Stoffwechsels im Thier, dasselbe mag darben oder irgendwie beköstigt werden, sind unter allen Umständen die gleichen; selbst bei den extremsten Bedingungen der Ernährung ändern sich bloss die absoluten und proportionalen Mengen, nicht aber die Qualitäten der einzelnen Ausscheidungen. Das hungernde Thier, so gut wie das wohlgenährte, scheidet eben Harnstoff, Kohlensäure und Wasser aus. Diese Uebereinstimmung im Verhalten der an sich sonst so verschiedenen Körperzustände rührt davon her, dass der Organismus zunächst immer nur auf Kosten seiner eigenen Bestandtheile zehrt. Die verzehrten Körperbestandtheile dienen zur Unterhaltung 1) der inneren Bewegungen, 2) der äusseren, mechanischen Arbeiten (diese fallen weg bei sehr schwachen Thieren), und 3) der Körpertemperatur.

Diese 3 Aufgaben werden aber ausgeführt von Organismen, deren Ernährungszustände sehr von einander abweichen können. Die Nahrungsmittel haben desshalb folgende Aufgaben:

I. Ersatz verloren gegangener Körpermassen. Hier sind 3 Fälle möglich: der Ersatz nämlich ist 1) dem Verlust gleich, oder 2) er ist geringer als der Körperverlust, oder 3) er ist grösser.

Im zweiten Fall kann also das Körpergewicht nicht behauptet werden; es nimmt successiv ab. Der Umsatz in der geringeren Körpermasse ist aber auch kleiner; es muss also ein Punkt kommen, wo die (für das Normalthier nicht genügenden) Zufuhren genügen; wo also der Ersatz dem Verlust wieder gleich wird. Auf diesem neuen Beharrungszustand kann das magerer gewordene Thier stehen bleiben und zwar, wenn derselbe von den mittleren Zufuhrmengen nicht zu sehr abweicht, in einem Zustand relativer Gesundheit.

Erhält der durch ungenügende Kost (oder Hungern) magerer gewordene Organismus stärkere Zufuhren, jedoch noch nicht in normaler Menge, so legt er an Masse zu. Die vermehrten Zufuhren werden aber nicht ausschliesslich verwendet zur Körperzulage, denn die grössere Körpermasse bedingt ihrerseits wieder einen stärkeren Stoffumsatz.

Man sieht also, die Normalconsumtion kann nicht bloss definirt werden als diejenige, welche den vollen Ersatz leistet für den Verlust; denn letzteres ist auch bei vielen ungenügenden Ernährungszuständen der Fall.

Ausser dieser quantitativen Aufgabe handelt es sich aber auch um:

II. Ersatz verloren gegangener Körperbestandtheile von bestimmter Qualität, d. h. der Körper verliert von seinem Fleisch, seinem Fett u. s. w. Diese Verluste werden 1) entweder genau gedeckt; die chemische Constitution des Organismus bleibt also unverändert; oder 2) die Proportionen der chemischen Bestandtheile des Körpers ändern sich: das Thier wird absolut oder relativ fettreicher, oder fleischreicher u. s. w.

Ein und derselbe Beharrungszustand kann aber erzielt werden sogar durch die verschiedensten Beköstigungsweisen, wie unter 270 gezeigt worden ist. Wird z. B. Fleisch allein gereicht, so sind sehr grosse Mengen nöthig, um den Körper in statu quo zu erhalten; verbindet man aber Fleisch mit Fettnahrung, so genügen viel kleinere Fleischportionen.

Ein bestimmtes Verhältniss von Fleisch und Fett ist in der That das beste Maass der Beköstigung für den Fleischfresser und zwar ökonomisch sowohl als hygienisch. Die Muskeln, welche dabei vollkommen leistungsfähig bleiben, erhalten die nothwendigen Ersatzmaterialien, ohne dass der Stoffwechsel in denselben (wie es bei reiner Fleischkost der Fall ist) auf's Höchste gesteigert wird. Ein ansehnlicher Theil der Wärme wird alsdann, statt von den Oxydationsprodukten der Muskeln von dem mit vorzüglicher Heizkraft (279) begabten Fett geliefert. Die reine Fleischkost ist also eine „Luxusconsumtion" gegenüber der richtig gemischten Kost von Fleisch und Fett.

Wegen der übrigen Fälle: Zulage des Thieres an Fleisch und an Fett wird auf 270 verwiesen. —

Indem der Ersatz, quantitativ und qualitativ, in bester Weise geleistet wird, ist auch das Thier zum Maximum seiner Arbeitsleistung befähigt. Sicherlich giebt es eine bestimmte Beköstigungsweise für jeden Einzelorganismus, bei welcher dieser von seinen Muskeln nicht nur den grössten Nutzeffekt zieht, sondern auch wo seine mechanischen Leistungen das günstigste Verhältniss bieten zu den übrigen, zunächst nur auf den Körper selbst sich beziehenden Effekten (Wärmeproduktion und innere Bewegungen).

Die bisherigen Erörterungen zeigen aber auch, dass der Gesammtstoffwechsel (sowie die Einzelfunktionen des vegetativen Lebens) in der Norm innerhalb einer bedeutenden Breite sich bewegt. Die Thiere würden, gegenüber den Schwierigkeiten und Zufälligkeiten bei der Beschaffung ihrer Nahrung, den grössten Gefahren ausgesetzt sein, wenn diess anders der Fall wäre. Die Körpergewichte der Thiere schwanken, je nach inneren und äusseren Bedingungen, nicht unbeträchtlich. Damit gehen aber auch Schwankungen der Funktionen der Thiere Hand in Hand, so zwar, dass in wunderbarer Weise Compensationsmittel in Menge vorhanden sind, welche das Bestehen der Funktionen sichern und die letzteren den jeweiligen Umständen gemäss accommodiren. Eines der wichtigsten Compensationsmittel besteht darin, dass der schlechtbeköstigte Körper wenig, der reichbeköstigte dagegen viel verausgabt.

Was von der Ernährung im Ganzen und Grossen gilt, das gilt auch von jeder einzelnen Mahlzeit. Sehr bald nach der Nahrungsaufnahme nimmt, mit zunehmender Säfte- und Organenmasse, die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme, und zwar mehrere Stunden hindurch, zu. Dasselbe gilt vom Harnstoff, dessen Menge nach Voit schon nach 1 Stunde steigt, um sodann mehrere Stunden lang über dem gewöhnlichen Maass sich zu halten. Die Säfte und Organe gewinnen aber während dem mehr, als sie in Form von Excretionsstoffen verloren haben; der Körper speichert also für die nächsten Stunden etwas Material auf.

Die Statik der Ernährung — die Punkte, wo der Ersatz dem Verlust gleich ist oder wo der Körper an Gewicht zulegt u. s. w. — muss endlich sehr wesentliche Unterschiede zeigen 1) in verschiedenen Individuen: Thiere gleichen Wurfes nehmen bei derselben Kost und sonstigen Lebensweise in oft sehr verschiedener Weise an Gewicht zu. 2) In demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten. Nach der Mittagsmahlzeit z. B. steigt die Kohlensäure viel mehr, als nach einer ebenso reichlichen Abendmahlzeit; in der Reconvalescenz von schwerer Krankheit gewinnt der Körper oft auffallend schnell an Masse. Von einer Reise pflegen wir um einige Pfunde schwerer zurückzukehren; dieselbe Beköstigung bei gewöhnlicher Weise würde diesen Effekt nicht haben u. s. w.

Wir sind aber nicht entfernt im Stande, diese individuellen Einflüsse, die von der Masse, Beschaffenheit und Circulationsgeschwindigkeit des Blutes, der Geschwindigkeit der Verdauung und Resorption, der Energie der Athmung u. s. w., kurz von einer unendlichen Vielheit von Einzelbedingungen abhängen müssen, schon jetzt, wo die Wissenschaft erst am Anfang geläuterterer Ansichten über die Ernährung steht, zu durchschauen oder gar im speciellen Fall erklären zu können. Die Zeit wird aber bestimmt kommen, in welcher für einen gegebenen Organismus die beste Form der Ernährung abgeleitet werden kann aus der Betrachtung und Ausmessung seiner Hauptfunktionen. Wieviel hier noch zu thun sein mag, das kann der physiologisch gebildete Arzt ahnen, der da weiss, was eine passende diätetische Vorschrift in Krankheiten unter Umständen leistet. Die Ersetzung der mangelhaften empirischen und casuistischen Regeln der medicinischen Diätetik durch wissenschaftliche Principien ist in der That eine der höchsten Aufgaben einer künftigen, vorgeschrittenenen Physiologie der Ernährung.

275. Gewichtsmengen der Form- und Mischungsbestandtheile des Körpers.

Viele Untersuchungen über den Stoffwechsel erfordern die Kenntniss dieser Werthe.

Bei einem 65250 Grammen schweren, 42jährigen, kräftigen Selbstmörder (Erhängten) erhielt Dursy folgende Zahlen:

frisches Skelet . . .	9 753	Gramme,
Muskeln und Sehnen .	35 158	„
Cutis und Fettpolster .	7 404	„

Bestimmungen an anderen Leichen führten Denselben zu folgenden Werthen über einige in den bisherigen Messungen meist nicht angegebene Organe:

Zungenbein	3	Gramme,
Zunge sammt Muskeln	83	„
Speiseröhre	51	„
Magen	202	„
Dünndarm	780	„
Dickdarm	480	„
Kehlkopf mit Luftröhre und Bronchien	79	„

Krause endlich giebt für die übrigen Organe Folgendes an:

Augen	15 Gr.	Milz	246 Gr.
Parotiden	50 „	Nieren	292 „
Submaxillardrüsen . . .	18 „	Nebennieren	11 „
Sublingualdrüsen . . .	1,5 „	Hoden	36 „
Schilddrüse (nach Valentin)	15 „	Nebenhoden	4 „
Lungen	1200 „	Prostata	18 „
Thymus	7 „	Herz	292 „
Leber	1856 „	Rückenmark	36 „
Pankreas	88 „	Hirn	1430 „

Für das Blut (= $^1/_{13}$ des Körpergewichts) ist zu setzen 5020 Grammen. Es bliebe somit noch ein geringes Deficit von 617 Grammen.

Für Netz, Harnblase, Nervenstämme und grosse Gefässe fehlen Wägungen. Der Blutgehalt der Organe hindert — mit Ausnahme der Lunge und Milz — wenigstens die Vergleichbarkeit der Einzelangaben nicht.

Nach einer Zusammenstellung von Moleschott enthalten 1000 Theile Körpergewicht des Menschen etwa: Eiweisskörper 152, Abkömmlinge von Eiweisskörpern 49, Fett 25, Extractivstoffe 6, Salze 92, Wasser 676. Für Säugethiere giebt v. Bezold einen Wassergehalt von 68—71 % und 4 % Asche an.

Dagegen enthalten 1000 Theile Zufuhren folgende zur Resorption kommende Bestandtheile: Eiweisskörper 37, Fette 28, Salze 8, Wasser 824, Amylacea 103.

Die täglichen Zufuhrmengen würden somit betragen etwa 1% der im Körper vorhandenen Eiweisssubstanzen, $^4/_{10}$ % der vorräthigen Salze, gegen 6 % des vorhandenen Fettes, etwas über 6 % des Körperwassers; während die Menge der in den Körper eingeführten Kohlehydrate im Verhältniss zu den vorhandenen Repräsentanten dieser Gruppe eine enorme ist.

XV. Wärmebildung.

276. Gleichwarme und wechselwarme Thiere.

Einer alten Eintheilung gemäss zerfallen die Thiere in Warmblüter (Säuger und Vögel) und die, die übrige Thierwelt umfassenden Kaltblüter.

Die Kaltblüter sind niederer temperirt in kühleren, höher dagegen in wärmeren Medien (Luft oder Wasser). Daraus aber darf man nicht schliessen, dass dieselben einfach von Aussen her erwärmt werden; im Gegentheil, sie haben, wie alle Thiere, ihre Wärmequelle in sich und bieten desshalb in mäs-

sigen Temperaturen immer etwas höhere Eigenwärmen als die umgebenden Medien. In niederen Temperaturen ist ihr Stoffumsatz, namentlich auch der respiratorische Gaswechsel, mit einem Wort ihre Wärmebildung, herabgesetzt; ihr Körper muss also niederer temperirt werden. Bei gewissen Temperaturgraden verfallen sie sogar in Zustände von Erstarrung. Der Frosch ist bei 15° um 1/8—3/4°, bei 6° aber um 1—2° wärmer als das umgebende Wasser (Duméril). In höheren Temperaturen dagegen sind alle ihre Thätigkeiten, namentlich die Wärmeproduktion, gesteigert; ihr Körper wird demnach höher temperirt, ohne jedoch die Temperatur des Mediums zu erreichen. Aber auch hier giebt es eine obere Temperaturgrenze ihrer Funktionirungen, jenseits welcher sie auf die Dauer nicht bestehen können. Man nennt diese Thiere, mit Bergmann, eben weil sie unter Umständen nichts weniger als kaltes Blut besitzen, viel bezeichnender wechselwarme.

Der Körper der Warmblüter ist dagegen so gut wie konstant warm; er muss desshalb in der Kälte viel mehr Wärme nach Aussen abgeben, als in der Wärme, also im ersteren Fall — eben um die gleiche Körpertemperatur annähernd behaupten zu können — mehr Wärme neu bilden. Viel bezeichnender nennt desshalb Bergmann diese Thiere gleichwarme.

Die Wärmebildung ist also gesteigert bei den Wechselwarmen in der Wärme, bei den Gleichwarmen in der Kälte. Die Gleichwarmen unterliegen gewissen Temperaturextremen und zwar, beim Erfrieren sowohl, wie bei übermässiger Hitze, zunächst in Folge tiefgreifender Veränderungen der Nerventhätigkeiten, welche die übrigen Funktionen allmälig zum Stillstand bringen. Die Temperatur nimmt beim nur vorübergehenden Aufenthalt in hoch erwärmten Räumen nur unbedeutend zu, wie Versuche von Fordyce u. A. am Menschen ergaben. Der Körper bewahrt annähernd seine Temperatur wegen der bedeutend gesteigerten Verdunstung (die Schweissbildung ist enorm erhöht) und wegen des geringen Leitungsvermögens des Körpers für die Wärme. Werden Säugethiere längere Zeit höheren Temperaturen ausgesetzt, so steigt die Körperwärme gleichwohl nicht über 5—6 Grade; die Thiere sterben viel eher, ehe das Gleichgewicht hergestellt wäre zwischen ihrem Körper und der Aussentemperatur. Die Wärme übt einen eingreifenden Einfluss auf die Stärke der Endosmose und anderer Grundbedingungen des Stoffwechsels; der jeweilige Temperaturgrad der Organismen ist demnach ein wesentliches Bestimmungsglied der Intensität der vegetativen Funktionen des Körpers.

277. Körpertemperatur.

Die Körperwärme der Säuger liegt ungefähr zwischen 36—40°, die der Vögel zwischen 40—44° Celsius. Die Körpertemperatur des Menschen beträgt 37—38°. Die Abweichungen von diesem Mittelwerth sind im Normalzustand, ja sogar in Krankheiten nicht sehr bedeutend. Sie beziehen sich: 1) auf gewisse Körperzustände (s. die specielle Physiologie); 2) auf die Körperstellen. Die Haut zeigt die niederste Temperatur, namentlich die der nackten Körperstellen, in der Kälte. Dann folgen die übrigen oberflächlicheren, dem Luftkontakt ausgesetzteren Theile, z. B. Mundhöhle, mit 34—36° Wärme. Einer starken Abkühlung unterliegt auch das Auge, besonders die Hornhaut; der grosse, die Bedürfnisse des örtlichen Stoffwechsels weit überragende Gefässreichthum der Aderhaut, der Processus ciliares und der Iris sorgt aber für gehöriges Warmhalten der vorderen Augenkammer. Die meisten inneren Organe haben, wie gesagt, eine Temperatur von 37—38°.

Die höchsten Wärmegrade, etwa 38—39° durchschnittlich, zeigt das Blut; die Temperatur eines Theiles steigt sogleich, wenn er mehr Blut zugeführt erhält, so dass die an anderen Körperstellen gebildete Wärme ihm zu gut kommt.

Die Temperatur variirt übrigens in den einzelnen Gefässprovinzen. Liebig jun. zeigte, dass das Blut im linken Herzen etwas niederer (um $^1/_{25}$ bis selbst $^1/_{10}$°) temperirt ist, als im rechten Herzen. Das Blut oberflächlicher Venen ist etwas weniger warm, als das der entsprechenden Arterien; nach Becquerel und Breschet wäre selbst das Blut der Cruralvene um etwa $^3/_4$ bis 1° (?) niederer temperirt, als das der Cruralarterie. Nach Bernard soll das Lebervenenblut die höchste Temperatur haben, höher als das der Pfortader und selbst um etwa 1° höher, als das Aortenblut.

Durchgreifende Unterschiede zwischen Arterien- und Venenblut kommen also nicht vor. Es handelt sich, wie man leicht sieht, bei diesen Fragen, abgesehen von den durch die Gefässe strömenden Blutmengen (also theilweise bekannten Grössen), um die in den einzelnen Gefässprovinzen abgegebenen und neugebildeten Wärmemengen, und die Wärmekapacitäten (279) ihres Blutinhaltes, lauter Fragen, die vollständig unbekannt sind. Die obigen Thatsachen sind daher der Analyse vorerst geradezu unzugänglich und der Werth solcher vergleichender Temperaturbestimmungen ein höchst beschränkter, indem sie nichts aussagen können über die Stätten der Wärmebildungen im Körper.

278. Temperaturmessung.

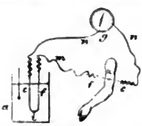
Das zur Bestimmung der Körperwärme in der Regel dienende Quecksilberthermometer ist bloss dann unanwendbar, wenn es sich um gewisse tiefer liegende Localitäten, sowie um schnelle Wärmeschwankungen handelt.

Becquerel und Breschet bedienten sich zuerst des thermoelektrischen Multiplicators zu physiologischen Temperaturbestimmungen. Ein durch Zusammenlöthen von zwei verschiedenen Metallen, z. B. Kupfer *c* und Eisen *f*, hergestellter Ring (Figur 46), wird sogleich von einem elektrischen Strom durchzogen, wenn beide Löthstellen *a* — *b* verschieden temperirt sind. Der Strom lenkt eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel *m* ab (121), und zwar um so stärker, je grösser die Temperaturdifferenz beider Löthstellen. Schaltet man in den Kupferdraht ein Galvanometer ein, so können geringe Temperaturdifferenzen noch gemessen werden. Wird also die eine Löthstelle eingesenkt in ein Medium von bekannter Temperatur, die andere in den Körper selbst, so lässt sich aus der Stärke der Abweichung der Nadel die Temperatur des Körpertheils mit grosser Genauigkeit bestimmen.



Fig. 46.

Das Schema des physiologischen Versuches ist kurz folgendes. Ein Gefäss *a* (Figur 47), enthält Wasser, das durch hier weggelassene Nebenvorrichtungen konstant warm erhalten wird. In das Wasser ist eingesenkt ein U förmiger Draht, mit einem Kupfer- (*c*) und einem Eisenschenkel (*f*) und der Löthstelle *i*. In dem Körpertheil befindet sich die andere Löthstelle, indem z. B. eine dünne Nadel *z*, zur Hälfte aus Kupfer (*c*), zur Hälfte aus Eisen (*f*) bestehend, durch den Arm gestossen wird. Ein Eisendraht *m* verbindet die zwei Eisenschenkel bei-


Fig. 47.

der Löthstellen, ein Kupferdraht n die Kupferschenkel, so aber, dass in ihn das Galvanometer g eingeschaltet ist. Die in den Körper eingeführte dünne Nadel nimmt sogleich dessen Temperaturvariationen an, der Apparat stellt somit ein sehr empfindliches Thermoskop dar.

Die Form der zur Herstellung der Löthstelle dienenden Drähte richtet sich nach der Körperlocalität. Während obiges Schema bloss ein wirksames Element enthält, verwandte Helmholtz 3 Elemente hintereinander, wodurch die electromotorische Kraft des Stromes verdreifacht wird. Ueber die Construktion des thermoelektrischen Multiplicators, der verhältnissmässig nur wenige Windungen eines dicken Drahtes erfordert, siehe die Lehrbücher der Physik.

279. Wärmemenge.

Mit diesem Ausdruck mag der Anfänger vorerst geradezu die, an sich allerdings unrichtige, Vorstellung eines Wärmestoffes verbinden. Die Physik hat nur ein conventionelles Maass für die Wärmemenge, bestehend lediglich in der Angabe der Temperaturzunahme, welche eine gewisse Wassermenge erfährt, wenn dieselbe die fragliche Wärmemenge aufgenommen hat, also z. B. 1 Pfd. Wasser um 3°. Um aber die Wärmemengen unter sich leicht vergleichen zu können, hat man die sog. Wärmeeinheit (Calorie) eingeführt und versteht darunter diejenige Wärmemenge, die nöthig ist, um 1 Gramm Wasser um 1° C. höher zu erwärmen. 10 Calorien sind also im Stand 10 Gramme Wasser um 1°, oder 5 Gramme um 2° u. s. w. höher zu temperiren.

Wird dieselbe Anzahl von Calorien verschiedenen Körpern von gleichem Gewicht zugeführt, so steigen deren Temperaturen nicht in gleichem Grade. Daher brauchen auch gleiche Gewichtstheile verschiedener Körper verschiedene Wärmemengen, um gleiche Temperaturzunahmen zu erfahren, Wasser, Eisen und Quecksilber z. B. verhalten sich in diesem Betreff wie 33 : $3^1/_4$: 1, d. h. die Wärmekapazitäten dieser Körper sind verschieden. Die Wärmekapazitäten der thierischen Säfte sollen der des Wassers ziemlich nahe stehen, die des venösen Blutes soll, nach älteren Versuchen, geringer sein als die des arteriellen (?) und die Festgebilde eine durchschnittliche Wärmekapazität von bloss etwa $^4/_5$ des Wassers zeigen.

280. Messung der Wärmemenge.

Die Temperatur eines Körpers giebt keinen Maassstab ab über die von demselben gebildete Wärmemenge. Letztere wird gemessen mittelst des Calorimeter's. Lavoisier wandte zuerst das Eiscalorimeter an. Zur Schmelzung einer bestimmten Menge von Eis ist nöthig eine bestimmte Wärmemenge; die geschmolzene Menge Eis ist somit das Maass der Wärmemenge selbst.

Das Wassercalorimeter Rumford's misst die Temperaturzunahme, welche eine bestimmte Menge destillirten Wassers in Folge der Aufnahme der fraglichen Wärmemenge erfährt. Dulong und gleichzeitig Despretz haben dieses Calorimeter zur Untersuchung der von Thieren abgegebenen Wärmemengen benutzt. Ein kupferner Kasten, in welchem sich das Versuchsthier befindet, wurde in einen Blechkasten so gestellt, dass der Raum zwischen beiden mit

Wasser ausgefüllt war. Der Thierkasten erhielt mittelst einer kurzen Röhre Luft zugeleitet, während eine lange, vielfach gewundene Bleiröhre die durch das Thier erwärmte Luft ausführte, welche ihren Wärmeüberschuss an das Wasser das Kastens abgab. Ein Aspirator sorgte für einen gleichmässigen Luftstrom und eine Agitationsvorrichtung für gleichmässige Temperatur der Wasserschichten des Calorimeters. Endlich wurde auch die Respirationsluft chemisch analysirt. Die Versuchszeit war bei Despretz etwa $1^1/_2$ bis 2 Stunden, während welcher das Thier (Hund, Kaninchen u. s. w.) eine Masse von ungefähr 25 Kilogrammen Wasser um $^1/_2$ bis $1^1/_2$° C. höher erwärmte.

In einem Versuch von Despretz bildete eine Hündinn in 1 Stunde 16410, also in 24 Stunden 393000 Calorien. Setzen wir das Körpergewicht des Menschen 7 fach höher, so würde die 24 stündige Wärmemengen desselben 2700000 bis 2800000 Calorien betragen.

Die physikalischen Calorimeterversuche gehören zu den schwierigeren Aufgaben der Experimentalkunst; die Schwierigkeiten häufen sich aber sehr viel mehr bei der Technik der physiologischen Calorimetrie. Die vor fast 40 Jahren angestellten Versuche von Despretz und Dulong sind bis jetzt leider die einzigen geblieben, wozu auch die in den folgenden Paragraphen näher besprochene Unausführbarkeit einer scharfen theoretischen Analyse der Versuchsergebnisse beigetragen haben mag. Jene beiden französischen Forscher haben sich zugleich an die Theorie der Wärmebildung herangewagt, eine Aufgabe, die, neben vielem Anderen, absolut richtige calorimetrische Messungen voraussetzt. Der Physiologie wäre zunächst schon ein grosser Dienst erwiesen, wenn bloss die Wärmemengen für sich, unter möglichst zahlreichen physiologischen und pathologischen Bedingungen, empirisch bestimmt würden. Selbst die mangelhafte Methode der Dulong-Despretz'schen Calorimetrie könnte dann zu werthvollen vergleichbaren Resultaten führen.

281. Wärmebildung durch organisch-chemische Processe.

Schon Galen brachte die thierische Wärme in bestimmmten Zusammenhang mit der Athmung. Mayow stellte schärfer den Satz auf, dass das Athmen, analog der Verbrennung, Wärme erzeuge. Crawford führte vom Standpunkt der phlogistischen Chemie die Analogien zwischen Athmen und Verbrennen weiter aus. Lavoisier aber stellte die erste vollkommene, in ihren allgemeinen Umrissen noch heute gültige, Theorie der organischen Wärme auf und leitete alle thierische Wärme von respiratorischen Oxydationen ab.

Verbinden sich zwei Stoffe direkt zu einem chemischen Körper, so wird Wärme erzeugt. Die Wärmemenge, welche frei wird, wenn 1 Gramm Kohlenstoff vollkommen verbrennt zu Kohlensäure, die Heizkraft also des Kohlenstoffs ist = 8080 Calorien; die des Wasserstoffs, bei dessen Verbrennung zu Wasser, 34460 Calorien. Ausserdem ist die Menge der erzeugten Wärme dieselbe, die Verbindungen mögen langsam oder schnell zu Stande gekommen sein; sowie auch die Gesammtwärme, welche bei Verbindung zweier chemischer Körper entsteht, dieselbe ist, ob diese Verbindung direkt oder erst indirekt, d. h. erst durch eine Reihe von Zwischengliedern erfolgt.

Die Endprodukte des thierischen Stoffumsatzes, welche bei unserer Frage allein in's Gewicht fallen, sind Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Die An-

nahme lag somit nahe, die thierische Wärme ausschliesslich oder doch ganz vorzugsweise abzuleiten von der Bildung von Kohlensäure und Wasser (226).

Dulong sowie Despretz prüften diese Ansicht Lavoisier's experimentell. Sie bestimmten die Kohlensäure und den Sauerstoff der Exspirationsluft direkt, und nahmen von dem absorbirten, d. h. in Form von Kohlensäure nicht wieder zum Vorschein kommenden Sauerstoff an, er sei zur Wasserbildung verwendet worden. Sie berechneten dann, wieviel Wärme der Sauerstoff gebildet hätte, wenn er direkt mit Kohlenstoff zu Kohlensäure und mit Wasserstoff zu Wasser sich verbunden hätte und verglichen diese Wärmemenge mit ihren gleichzeitigen Calorimeterbestimmungen.

Es ergab sich, dass die Calorimeterwerthe nicht vollständig gedeckt wurden durch die genannten Oxydationsprodukte. In einigen Versuchen betrug das Deficit bloss wenige Procente, in manchen aber (namentlich bei Carnivoren) selbst $^1/_4$ der vom Thier abgegebenen Wärme. Man schloss desshalb: die chemischen Processe sind die Hauptquelle der thierischen Wärme, fügte aber mit Unrecht die falsch verstandene Behauptung zu, dass das Deficit auf andere Wärmequellen zurückzuführen sei, z. B. Reibung des Blutes an den Gefässwänden, Reibungen der Muskelfasern u. s. w.

Man weiss jetzt, dass die Aufgabe verwickelter ist. Die Verbrennungswärme ist nämlich nicht genau dieselbe, ob z. B. der verbrennende Kohlenstoff frei oder mit anderen Elementen zu einem zusammengesetzten Körper verbunden ist; ja selbst der Aggregatzustand des freien Kohlenstoffs ist von Einfluss; Holzkohle z. B. giebt eine grössere Verbrennungswärme als Graphit. Gleichwohl aber stehen sich viele organische Verbindungen, namentlich verwandte Gruppen, bezüglich der Heizkräfte ihrer combustibelen Elemente ziemlich nahe; man ist also wenigstens keinem eingreifenden Irrthum ausgesetzt, wenn man von der Lavoisier'schen Grundansicht ausgeht. Eine genaue Uebereinstimmung zwischen den calorimetrischen und den aus den Respirationsprodukten berechneten Werthen ist aber aus mehreren Gründen nicht zu erwarten, namentlich desshalb, weil ausser den Processen, die schliesslich zur Kohlensäure- und Wasserbildung führen, auch sonst noch einige, wenn auch nur untergeordnete chemische Wärmequellen vorhanden sein müssen. Mit einem Worte, das, was verbrennt, ist nur annähernd bekannt. Trotzdem aber muss Lavoisier's Theorie im Ganzen und Grossen beibehalten werden, obschon wir im nächsten Paragraphen auf eine weitere Beschränkung derselben stossen, indem gezeigt werden muss, dass die Oxydationsprocesse nicht bloss zur Verausgabung von Wärme, sondern auch von Bewegungen führen.

282. Mechanische Arbeit der Wärme.

Die früher bloss empirisch und unvollkommen gekannte Wechselbeziehung zwischen Wärme und mechanischer Arbeit ist, seit der Aufstellung der Lehre von den sog. lebendigen Kräften, zu einem fruchtbaren und fundamentalen Capitel der neueren Mechanik ausgebildet worden, das auch für die Physiologie eine immer tiefer greifende Bedeutung gewinnt.

Die Wärme verrichtet bekanntlich mechanische Arbeit, d. h. sie bewegt Massen und überwindet dabei Widerstände. Die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme mag als einfaches Beispiel der Art dienen. J. R. Mayer, Arzt in Heilbronn, hat zuerst gezeigt, dass die Wärme, die erforderlich ist, um ein bestimmtes Gewicht Wasser um 1° C. höher zu temperiren, auch im Stande ist, ein Gewicht von derselben Grösse auf 1200 Fuss (genauer 424 Meter) zu erheben. Der Wärmeeinheit entspricht also eine bestimmte Arbeitsgrösse: „mechanisches Aequivalent der Wärme."

Umgekehrt ist aber auch eine Arbeitskraft von 1200 Fusspfunden (91) nöthig, um 1 Pfund Wasser um 1° C. höher zu temperiren. Wärme und Bewegung verwandeln sich also in einander.

Reibt man zwei Körper an einander, so entwickeln sich durch die Friktion der Theilchen Widerstände; es geht Arbeit verloren, d. h. Arbeit im gewöhnlichen Sinne, nämlich Bewegung der ganzen Massen, dagegen entsteht Wärme und zwar so, dass das, was verloren geht an mechanischer Arbeit, gewonnen wird an Wärme, mit andern Worten, was verschwindet in Form von Bewegung der ganzen Massen, wird gewonnen an Bewegungen der kleinsten Theilchen.

Die Wärme ist also keine Materie, sondern eine bestimmte Bewegung (wobei wir für unsere Zwecke absehen können, wie diese Bewegungen beschaffen sind und an welchen Theilchen der Körper dieselben vor sich gehen). Je stärker diese Bewegungen, d. h. je grösser die Schwingungsgeschwindigkeiten, desto höher sind die Temperaturen; eine Ruhe der Theilchen im thermischen Sinne, also gewissermaassen ein absoluter Nullpunkt der Wärme, existirt nicht in der Natur.

Treten chemische Körper zusammen zu einer neuen Verbindung, so entsteht 1) Wärme, indem in Folge der jetzigen Gleichgewichtszustände der Atome „latente Wärme" frei wird, und 2) mechanische Arbeit, d. h. Bewegung bestimmter äusserer, Widerstand leistender Massen. Die Gesammtleistung des chemischen Processes ist aber immer dieselbe, d. h. je mehr Wärme sich bildet, desto geringer wird die erzielte (äussere) Arbeit.

Die Leistung z. B. der Dampfmaschine beruht in letzter Instanz auf einem chemischem Process: der Oxydation der Kohle. Dadurch entsteht Wärme; diese wird abgegeben an das Wasser, es bildet sich Dampf. Der Dampf bewegt den Kolben der Maschine; aber bei weitem nicht alle Wärme wird verwendet zur Dampfbildung, d. h. umgesetzt in mechanische Arbeit; selbst eine gute Maschine giebt bloss etwa $^1/_{20}$ der gebildeten Wärme als mechanische Arbeit.

Unser anfängliches Problem muss also erweitert werden: die Entstehung von chemischen Verbindungen im Organismus führt nicht bloss zur Bildung von Wärme, sondern auch zur Leistung von mechanischer Arbeit und zwar muss wiederum die gebildete Wärme um so viel geringer sein, als derselben Arbeit aequivalent ist Daher werden die physiologischen Calorimeterversuche, wenn man sie mit den Grössen der gleichzeitigen chemischen Processe vergleicht, immer ein Wärmedeficit geben müssen Das Deficit dürfte übrigens, bei der relativen Ruhe der Versuchsthiere im Calorimeter, schwerlich bedeutend sein, so dass der dadurch bedingte Fehler viel geringer, als die im vorigen Paragraphen erörterten (unvollständige Kenntniss der Heizkräfte der im Organismus verbrennenden chemischen Körper u. s. w.) sein wird.

Die chemischen Processe sind in letzter Instanz die einzigen Wärmequellen. Eine Anzahl anderer, nämlich näherer Wärme-

quellen (s. 281), z. B. die Reibung des Blutes an den Gefässwänden u. s. w., müssen bei unserer Betrachtung desshalb vollständig wegfallen, weil alle diese Bewegungen, in letzter Instanz, wiederum geschehen auf Kosten der dem Stoffwechsel anheimfallenden Bestandtheile der Muskeln selbst. Auch in der Dampfmaschine ist, wie schon bemerkt, die Oxydation der Kohle die einzige Wärmequelle letzter Instanz.

Das mechanische Aequivalent der vom Menschen täglich gebildeten Wärmemenge (2 500 000 bis 2 750 000 Calorien) ist gleich 2750 Kilogrammen $\times$ 424 Meter = 1 166 000 Kilogrammmeter; während der tägliche Nutzeffekt eines Arbeiters (286) ungefähr 200 000 Kilogrammmeter beträgt. Es tritt also etwa ein Sechstel der durch den Umsatz der Körperbestandtheile überhaupt erreichbaren Effekte in Form von nach aussen abgegebener mechanischer Arbeit auf, eine Bevorzugung des Organismus gegenüber vielen Maschinen, z. B der Dampfmaschine, welche im besten Fall, wie oben bemerkt, bloss $^1/_{20}$ der in der Kohle latent enthaltenen Wirkungen in mechanische Arbeit umsetzt.

283. Bestimmung der Wärmemenge aus den Zufuhren.

Boussaingault, Liebig, Dumas u. A. haben aus dem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der täglichen Zufuhren, unter Zugrundlegung der Heizkräfte dieser Elemente, die Wärmemenge zu bestimmen gesucht. Von den Kohlenhydraten wird gewöhnlich nur das C in Rechnung gebracht, dagegen vom H und O angenommen, sie seien bereits näher verbunden. Nach Abzug des C und H in Urin und Koth würden dann die der Verbrennung anheimfallenden C- und H-Mengen zurückbleiben und zwar (s. 268) in Grammen:

	Kohlenstoff:	Wasserstoff:
Eiweisskörper 120 Gr. . .	64,18	8,60
Fette 90 Gr.	70,20	10,26
Amylon 330 Gr.	183,18	—
Summe . . .	281,20	18,86
Abzug der Urin- und Kothbestandtheile	29,8	6,3
Zu oxydirender Rest . . .	**251,4**	**12,56.**

Der Kohlenstoff würde geben 251,4 $\times$ 8040 = 2 031 312; der Wasserstoff 12,56 $\times$ 34 460 = 432 818 Calorien. Die tägliche Gesammtwärme beliefe sich also auf 2 464 000 Calorien, eine Zahl, welche der auf direkten Calorimetermessungen begründeten (280) nahe steht.

284. Abfuhr der Wärme.

Die Verluste welche der Körper täglich an Wärme erleidet (von der in mechanische Arbeit „umgesetzten Wärme" muss abgesehen werden) sind folgende:

1) Wasserverdunstung auf den allgemeinen Bedeckungen. Dadurch entsteht Kälte, mit anderen Worten: Wärme wird gebunden und zwar für je 1 Gramm Wasser etwa 582 Calorien. Diess gäbe für 660 Grammen rund 364000 Calorien.

2) *Wasserverdunstung im Athemorgan.* 330 Grammen verdunstendes Wasser binden 182000 Calorien.

3) *Erwärmung der Athemluft.* Etwa 10 Millionen Cub. Cent. Met. Luft = 13000 Gramme, werden auf 37° temperirt ausgeathmet; eingeathmet im Mittel zu 12°, also erwärmt um 25°. Die Wärmekapazität der Luft ist 0,26, die des Wassers = 1 genommen. Also beträgt dieser Wärmeverlust 13000 $\times$ 25 $\times$ 0,26 = 84500 Calorien.

4) *Abgabe von Urin und Koth.* Die Temperatur derselben ist 37°, die mittlere Temperatur der Zufuhren etwa 12°; also beträgt die Wärmemenge, um die 1900 Grm. betragenden Massen zu erwärmen, 1900 $\times$ 25 = 47500 Calorien.

5) *Wärmestrahlung der Haut.* Sie bedingt weitaus den grössten Wärmeverlust, derselbe ist jedoch nicht direkt bestimmbar. Setzen wir die tägliche Wärmeabgabe des Menschen = 2½ Millionen Calorien, so würden, da die obigen 4 Verluste 677500 Calorien betragen, auf Rechnung der strahlenden Wärme der Haut 1822500 Calorien kommen.

100 abgegebene Calorien vertheilen sich also folgendermaassen:

Haut	87,4	Strahlung	72,9	
		Wasserverdunstung	14,5	21,7
Athmen	10,7	Wasserverdunstung	7,2	
		Erwärmung der Athemluft	3,5	
Urin (u. Koth)			1,8.	

285. Unterdrückung der Hautthätigkeit.

Wird die Haut mit einem luftdichten Firniss überzogen, so gehen die Thiere bald zu Grunde (Fourcault, Becquerel und Breschet). Kaninchen zeigen schon nach wenigen Stunden grosse Mattigkeit, schwache Athembewegungen, geminderte Empfindlichkeit der Haut für schmerzhafte Eindrücke und auffallendes Sinken der Körperwärme (bis selbst 19°—20° C. im Mastdarm). Die Abfuhr also erfolgt hier viel rascher als die Neubildung der Wärme. Die ausgeathmete Kohlensäure kann nach Valentin selbst nur noch ein Siebentel des Normalwerthes betragen, während der inspirirte Sauerstoff verhältnissmässig weniger sinkt.

Brachten Valentin und Schiff bereits stark geschwächte Thiere in höhere Wärme, z. B. von 37°, so nahm nach einigen Stunden der respiratorische Gaswechsel zu, die Bewegungen wurden wieder kräftiger und auch sonst boten die Thiere vorübergehend Zeichen des Wohlbefindens. Wurden die mit Firniss bestrichenen Thiere von Anfang an, durch Aufenthalt in der Wärme, vor Abkühlung bewahrt, so blieben sie längere Zeit scheinbar ganz munter; der Tod konnte aber auf die Dauer ebenfalls nicht abgewandt werden. Die Section ergiebt keine Aufschlüsse über diese Zusände, deren lethaler Erfolg noch nicht gehörig erklärt werden kann.

XVI. Stehen und Ortsbewegungen.

286. Allgemeine Bemerkungen.

Die Beine dienen vorzugsweis als Stützen, sowie als Werkzeuge der Fortbewegung des Körpers; die Arme dagegen besonders zum Ergreifen von Gegenständen. Die Arme sind mit viel grösserer Beweglichkeit begabt als die unteren Gliedmaassen, so dass wir jede Stelle unserer Körperoberfläche mittelst derselben zu erreichen vermögen. Die Bewegungen, die wir mit den Gliedmaassen ausführen, sind:

1) Vollkommen willkürliche und zwar nach Anstrengung, Grösse, Dauer, Richtungen u. s. w. Die auch nur ganz kurze Betrachtung der grossen Mannigfaltigkeit des hier Möglichen würde uns viel zu weit führen.

2) Anhaltende, zur Erreichung eines speciellen Zweckes (Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Klettern u. s. w., Drehen einer Kurbel, wiederholtes Werfen oder Heben einer Last u. s. w.). Bei allen diesen Aufgaben werden nur ganz bestimmte, periodisch wiederkehrende und gleichmässige Bewegungen vollführt. Das Grundprincip dieser Bewegungen ist thunlichst geringe Muskelanstrengung, wodurch auch eine möglichst lange Fortsetzung der Bewegungen gestattet ist. So lang wir diesem Gesetz gehorchen, sind z. B. unsere unteren Gliedmaassen in der That in die relativ einfacheren Verhältnisse der Fortbewegungsmaschinen zurückversetzt, vor denen sie aber wieder den grossen Vorzug haben, dass die Bewegungen aufs Schnellste und Mannigfaltigste, je nach Bedarf, sich abändern lassen. Wir betrachten hier bloss das Stehen, Gehen und Laufen als die wichtigsten und am meisten maschinenmässig erfolgenden, desshalb auch am besten hinsichtlich ihrer Durchschnittsgesetze gekannten Zustände. Von den übrigen Bewegungen, namentlich von denjenigen, welche der Arbeiter zur Erzielung eines bestimmten Nutzeffektes unternimmt, müssen wir vollkommen absehen. Es mag nur angeführt werden, dass viele herkömmlichen Angaben über den täglichen Nutzeffekt eines Arbeiters zu Werthen führen, welche je nach der Arbeit (Werfen von Erde mit einer Schaufel; Heben von Lasten u. s. w.) in hohem Grade von einander abweichen. Diese Werthe aber beziehen sich zum Theil auf gar keine „Nutzeffekte“ im mechanischen Sinn, z. B. Fortbewegen des Körpers oder Tragen einer Last auf ebenem Boden, zum anderen Theil auf Arbeiten, welche mit einander direkt gar nicht vergleichbar sind.

Was die wirklich mit einander vergleichbaren Arbeiten betrifft, so ist nach mehrfachen, u. A. auch von Redtenbacher getheilten, Angaben die Sekundenleistung des mittleren Arbeiters, während einer 8stündigen täglichen Arbeit, 7 Kilogrammmeter. Der tägliche Nutzeffekt beläuft sich also auf 201600 K. M. und die mittlere Secundenleistung (die Ruhezeit eingerechnet) auf 2,3 K. M.

A. Gelenke des Beines.

287. Hüftgelenk.

Das Hüftgelenk ist eine Arthrodie. Der, eine Kugelfläche bildende Kopf des Femur liegt zur Hälfte in der Pfanne, wird aber zurückgehalten durch

den Luftdruck Dieser presst den Kopf mit einem, das Gewicht des Beines etwas übertreffenden, Druck von etwa 13 Kilogrammen gegen die Pfanne. Da somit Luftdruck und Schwere des Beines ziemlich im Gleichgewicht stehen, so kann der Kopf mit geringster Reibung in der Pfanne bewegt werden, das Bein pendulirt ohne Muskelanstrengung leicht hin und her (Ed. und W. Weber), wodurch Gehen und Laufen bedeutend erleichtert werden. Die Bewegungen im Hüftgelenk sind: 1) Beugung und Streckung, etwa 130° betragend; 2) Abduction und die viel geringere Adduction; 3) Rotation des Beines um seine Längaxe.

Das ligamentum teres, Figur 48 *l t*, von der incisura acetabuli *t* hinauf zum Grübchen *l* des caput femoris, wird gespannt, wenn letzteres rotirt um seine auf der Papierfläche senkrechte Axe *c* von *l* nach *s'*, es ist also ein Hemmungsband der Adduction, während das ligamentum superius, von der spina anterior sup. ilei (*s'*) zur linea intertrochanterica anterior (*s*) bei dieser Hemmung unterstützend wirkt.

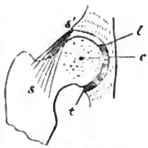


Fig. 48.

Wird ein Loch gebohrt in die Pfanne, von der Beckenseite, so fällt in der That das Bein herab. Durchschneidet man bei unversehrter Pfanne sämmtliche über das Hüftgelenk gespannte Muskeln und die Kapselmembran, so bleibt der Kopf immer noch zurück, indem das labrum cartilagineum ventilartig das Eindringen von Luft in den inneren Pfannenraum verhütet.

288. Kniegelenk.

Die beiden Condyli femoris bilden Gelenkflächen mit Krümmungen von rechts-links und von hinten-vorn. Die 2 Gelenkflächen der Tibia sind fast eben. Das Kniegelenk zeigt 2 Bewegungen I. Drehung um eine horizontale Axe von rechts-links durch die Condyli femoris gelegt; also Beugung mit Rollen der Condyli nach hinten, Streckung mit Rollen nach vorn. Dabei stehen die Condylen je nur mit einer beschränkten Stelle ihrer Krümmung auf der Tibia, sie müssen sich also von letzterer abwickeln wie ein Wagenrad vom Boden. Die Condylenkrümmung von vorn nach hinten ist aber kein Kreisabschnitt, sie wird hinten stärker und nimmt zugleich schnell zu; demnach kann die Drehaxe für die Streckung und Beugung nicht (wie beim Ginglymus) konstant sein, sondern sie muss fortrücken mit den Berührungspunkten (analog den nicht kreisförmig gebogenen Wiegenrädern). Aber auch die Rollung der Condylen ist keine vollständige, sie wird etwas gehemmt (durch Bänder), somit werden die Condylen auf den viel kleineren Tibiaflächen während des Rollens etwas geschleift. II. Drehung des Condylus ext. femoris um den Condylus internus auf der Tibia; dadurch wird Pronation und Supination des Unterschenkels möglich, deren Umfang im günstigsten Fall 40° beträgt, während stärkste Beugung und stärkste Streckung 144° einschliessen.

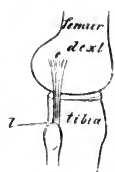


Fig. 49.

Die Seitenbänder, ligam. laterale internum und externum (Figur 49 e) sind stark gespannt bei gestreckten Beinen, dadurch werden die Gelenkflächen an einander gepresst, das

Bein wird zur festen Stütze und es wird nur noch Beugung möglich und zugleich weitere Streckung verhindert. Bei der Beugung aber nähern sich die Insertionspunkte dieser Bänder, die nunmehr Pronation und Supination des Unterschenkels nicht hindern können. Die Kreuzbänder: lig. cruciatum anticum (von der Grube vor der eminentia intermedia tibiae nach hinten zur Kniekehlseite des Condylus ext. femoris) und lig. cruciatum posticum (von der Mitte des hinteren Randes der Tibiafläche nach vorn zur Kniekehlseite des Condyl. int. fem.). Wichtig für die, von E. Weber entdeckten Funktionen dieser Bänder sind ihre linearen Anheftungen am Femur. Diese sind, bei gestrecktem Bein, senkrecht beim cruc. anticum (Fig. 50, 4—3), wagrecht beim cruc. posticum (Fig. 51, 2—3). Bei Beugung im Knie (Fig. 52) steigt 4 des anticum herab, 3 hinauf, also wird Bündel 4 — 2 — 1 zunehmend straffer, 1—3 schlaffer. Gleichzeitig geht (Fig. 53) 2 des cruc. posticum herab, 3 hinauf, also erschlafft Bündel 1—2, während 1—3 sich immer stärker spannt. Das cruc. postic. ist Hemmungsband für weitere Beugung, das anticum für zu starke Streckung, wo dann aber auch das posticum wieder gespannt ist, so dass die lateralia und cruciata zusammenwirken. Bei allen Beugestellungen zeigen die cruciata annähernd dieselbe durchschnittliche Totalspannung,

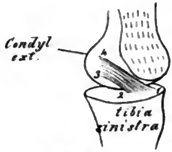


Fig. 50.

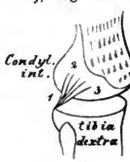


Fig. 51.

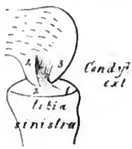


Fig. 52.

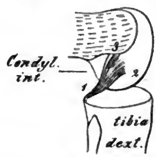


Fig. 53.

wodurch sie die Condylen auf der Tibia festhalten und (wie die lateralia bei der Streckung) Verschiebungen derselben auf der Tibia unmöglich machen. Dadurch werden aber auch die Condylen gezwungen zu rollen und zwar, bei zunehmender Spannung des cr. anticum bei der Streckung, nach vorwärts und bei zunehmender Spannung des cr. posticum während der Beugung nach rückwärts.

289. Fussgelenke.

Der Fuss bildet eine feste Stütze für die Körperlast, gewährt die so nöthige Sicherheit gegen Stösse und ist gewisser Bewegungen als Ganzes sowie gewisser Formveränderungen fähig, die ihn geschickt machen, dem Boden sich anzuschmiegen und von demselben sich abzuwickeln. Alle diese Aufgaben werden durch eine grössere Zahl meist kurzer Knochen und durch starke Bändermassen erreicht. Wir heben bloss die wichtigsten Bewegungen des Fusses hervor. 1) Schienbein-Sprungbeingelenk. Die den Gelenkkopf darstellende Rolle des Sprungbeins ist von vorn nach hinten gekrümmt (Figur 54). Der obere

Theil der Höhle wird gebildet vom Schienbein. Die Gelenkaxe (in Punkt *c*, senkrecht auf der Papierebene) geht horizontal von rechts-links durch die Sprungbeinrolle, etwas unterhalb des Malleolus internus. Das Gelenk ist ein Ginglymus, die Bewegungen: Streckung und Beugung des Fusses; die seitlichen Abweichungen werden verhütet 1) durch die schwache Vertiefung der Sprungbeinrolle von rechts-links, 2) durch die malleoli ext. und int., welche die Rolle des Sprungbeins zwischen sich nehmen. Die Seitenbänder halten die Gelenkflächen zusammen; jedes derselben (lig. laterale pedis int. (Figur 54), ausgehend vom

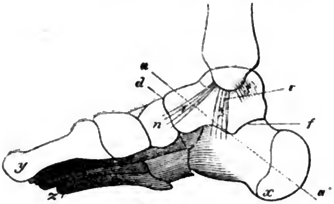


Fig. 54.

malleolus int., und lig. ext., ausgehend vom malleolus ext.), geht herab zu den Fusswurzelknochen, wobei es sich spaltet in ein vorderes, mittleres und hinteres Bündel (1, 2, 3 Figur 54). Die vorderen setzen der Streckung, die hinteren der Beugung des Fusses eine Grenze.

2) Sprungbein-Fussgelenke. Das Sprungbein hat 2 Gelenkverbindungen mit dem Fuss 1) mit dem Schiffbein (Figur 54, *d*). Der Gelenkkopf gehört dem Sprungbein an, die Höhle wird gebildet vom Schiffbein (*n*), dem vorderen Fortsatz des Fersenbeins und der Sehnenrolle des m. tibialis posticus, 2) mit dem Fersenbein allein (*f*). Hier aber ist die Hohlfläche im Sprung-, die erhabene Fläche im Fersenbein. — Beide Gelenke setzen ein Ganzes, ein Drehgelenk zusammen, das Adduction und Abduction, d. h. Heben des inneren oder äusseren Fussrandes vom Boden, gestattet. Die gemeinschaftliche Axe der 2 Gelenke wird mit Meyer wohl am richtigsten gelegt in der Richtung $a\ a'$ Figur 54. Die Hemmung der Bewegung wird weniger durch die entgegengesetzten Krümmungen beider Gelenke, als durch Bandmassen bewirkt.

Die Fusswurzel- und Mittelfussknochen bilden ein Gewölb über dem Fussboden, der Fuss steht bloss an den Punkten x, y, z auf dem Boden. Die Gewölbform ist bedingt durch die Construktion der Knochen, ganz besonders aber durch starke Bänder an der Sohlenseite, welche ein Plattdrücken des Fusses verhüten. Die wichtigsten Gelenke im Vorderfuss werden gebildet durch die Köpfchen der 5 Mittelfussknochen und die Concavitäten der ersten Zehenphalangen. Sie gestatten beim Gehen ein Abwickeln der Fusssole vom Boden, so dass der Fuss auf den Köpfchen der Mittelfussknochen steht. Als wirkliche Stütze dienen die Zehen nicht, sondern vorzugsweis als Anschmiegeapparate an den Boden. Die Sesambeinchen sind specielle Stützen für das Köpfchen des ersten Mittelfussknochens.

B. Stehen.

290. Schwerpunkt des Körpers.

Die Lage des Schwerpunktes ist von grosser Wichtigkeit beim Stehen und Gehen. Die Höhe des Schwerpunktes 1) des ganzen Körpers bestimmte schon Borelli (Figur 55) durch das Aequilibriren des auf ein Brett gelegten Körpers auf einer wagrechten Kante. Ed. Weber verschob, nachdem der Schwerpunkt des Brettes bestimmt war, die Versuchsperson so lang auf dem Brett, bis Gleichgewicht hergestellt war. Der Schwerpunkt liegt alsdann in der senkrechten Ebene *s w*, die durch das Promontorium geht. In gleicher Weise wurde 2) diese Ebene (*a* Ebene) am Leichnam, nach ausgeschälten Beinen, bestimmt; sie geht durch das untere Ende des Brustbeines oder durch den Schwertfortsatz; der Rumpfschwerpunkt liegt somit hoch über der (durch den vorderen Rand der grossen Trochanteren bezeichneten) gemeinschaftlichen Drehungsaxe der Schenkelköpfe. Die erforderlichen Rumpfstellungen beim ungezwungenen Stehen u. s. w. werden ohne oder nur mit geringer Muskelanstrengung erzielt. Der Rumpfschwerpunkt liegt in derjenigen Ebene (*b* Ebene), die beim aufrechten Stehen senkrecht durch beide Schenkelköpfe geht. Diese wird näherungsweise bestimmt, wenn man neben einem Aufrechtstehenden zwei Bleilothe aufhängt in der senkrechten Ebene, die durch beide Schenkelköpfcentren geht. Diese *b* Ebene durchschneidet die Zizenfortsätze der Schläfenbeine. Zieht man in der Mitte der *b* Ebene eine Senkrechte, so trifft letztere die *a* Ebene in einem Punkt: dem Schwerpunkt des Rumpfes. Dieser läge somit in der, den Rumpf in zwei symmetrische Theile zerlegenden Halbirungsebene, in der Höhe zwischen Schwertfortsatz und 8. Brustwirbel, etwa 50 Millimeter von letzterem entfernt (E. Weber). Diese Bestimmung des Schwerpunktes ist nur näherungsweise richtig, denn sie setzt voraus, dass der Rumpf nur durch Balancement, also in ganz labilem Gleichgewicht auf den Schenkelköpfen steht.

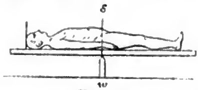


Fig. 55.

291. Steifung des Beines.

Beim Stehen handelt es sich vor Allem um Festigkeit (möglichst geringe Körperschwankungen), Ausdauer und Bequemlichkeit der Stellung. Diejenigen unter den sehr mannigfaltigen Steharten sind die zweckmässigeren, welche diese Aufgaben am besten erfüllen.

Die Grundbedingung des Tragens der Körperlast durch das Bein ist Umwandlung desselben in eine steife Stütze. Die Steifung kann hergestellt werden in zweierlei Weise:

1) Die beweglichen Abtheilungen des Beines werden durch Muskelwirkung steif gehalten, wobei dieselben sehr verschiedene Winkelstellungen gegen einander einnehmen können. Ein bestimmtes Stehen dieser Art ist immer nur vorübergehend zu behaupten, indem die Muskeln früher oder später ermüden. Auf diese Stehweisen, als die nicht natürlichen, gehen wir nicht näher ein.

2) Gewisse Gelenke werden durch anderweitige Mittel als Muskelanstrengungen, also mit Ersparung von solchen, im Maximo ihrer Streckung, d. h. in einer einzigen ganz bestimmten und längere Zeit zu behauptenden, Stellung erhalten (Ed. Weber). Diess geschieht durch Verlegung des Rumpfschwerpunktes ausserhalb der senkrechten Ebene, in der die Drehaxe des betreffenden Gelenkes liegt und zwar in der Richtung der Streckbewegung des letzteren. Dadurch bilden zwei, sonst beweglich an einander stossende Abtheilungen eine steife Verbindung.

Alle Beingelenke sind beim Stehen auf diese Art gesteift, mit Ausnahme des Tibio-astragalus-gelenkes. Der Rumpf und das steife, stehende Bein balanciren demnach auf dem Astragalus.

Zur Ermittelung der Stabilitätsgrade der verschiedenen Stehweisen bedient sich Vierordt eines einfachen graphischen Verfahrens. Der auf dem Rumpf unbeweglich gehaltene Kopf trägt auf dem Scheitel einen senkrechten Pinsel, welcher auf einer horizontal über dem Kopf befestigten berussten Glasplatte, den Körperschwankungen entsprechend, nach einer bestimmten Zeit, eine Figur von gewisser Form und Grösse aufzeichnet. Eine bewegliche Vorrichtung, zur Darstellung jeder einzelnen Schwankung wird für ein späteres, genaueres Eindringen in die Physiologie des Stehens unerlässlich.

292. Balancirung des Beins.

Die möglichst labile Aufstellung des gesteiften Beines auf dem Astragalus ist kein Nachtheil, wie man gewöhnlich annimmt (und desshalb auf Mittel sinnt, wie auch dieses Gelenk möglichst steif gemacht werden könne!) sondern im Gegentheil ein wesentlicher Vortheil für die Sicherheit des Stehens, aber nur unter der Bedingung, dass Einrichtungen vorhanden sind, die uns alsbald benachrichtigen, wenn das Gleichgewicht anfängt verloren zu gehen und die uns zweitens gestatten, das verlorene Gleichgewicht mit geringster Anwendung von Muskelkräften sogleich wieder herzustellen. Die Benachrichtigungsmittel sind, nach Vierordt, folgende:

1) Muskelgefühle. Wir sind uns der Lagen unserer Körpertheile genau bewusst vermittelst bestimmter durch die Muskeln vermittelter Gemeingefühle. Unser Urtheil hierüber ist aber gerade beim Stehen so ausserordentlich begünstigt, weil sämmtliche Körpertheile bei ihrem Balancement auf dem Astragalus übereinstimmende, d. h. concentrische passive Bewegungen vollführen und somit harmonirende, gewissermassen durch ihre Multiplikation deutlicher werdende Muskelgefühle uns verschaffen. Sie belehren uns schnellstens über das verloren gegangene Gleichgewicht und sind um so feiner, je weniger die Muskeln angestrengt werden.

Diese Gefühle, die auch Gefühle des Gleichgewichts und des gestörten Gleichgewichtes genannt werden können, sind specifischer Natur, wie so viele andere Muskelgefühle. In der Muskelschwäche, also in vielen Krankheiten und Reconvalescenten, sowie speciell bei Krankheiten der Nervencentren zeigen sie die mannichfaltigsten Abnormitäten, zusammengefasst unter dem trivialen Namen: Schwindel. Daher die Unsicherheit des Gehens und selbst Stehens in solchen Fällen.

2) Drucksinn und Ortssinn in der Sohlenhaut. Bei Veränderungen des Gleichgewichts werden verschiedene Stellen der Sohlenhaut und zwar mit verschiedenen Belastungen gedrückt. Die Drücke nehmen zu an diesen und gleichzeitig ab an jenen Stellen der Haut derselben Sohle, so wie sie bei ungleichmässigem Stehen auf beiden Füssen bald mehr die Sohle des rechten, bald mehr die des linken Fusses treffen. Die Wölbung der Sohle, d. h. das Aufstehen derselben nur mit bestimmten Punkten (Fersbein, Köpfchen des 1.- und 5. Mittelfussknochens) begünstigt die Schärfe der Empfindungen auf der Sohlenhaut.

3) Gesichtssinn. Fixiren wir einen ruhenden Gegenstand, so werden wir von Schwankungen unseres Körpers sogleich benachrichtigt, indem wir die Lageveränderungen des fixirten Objektes gegen andere Gesichtsobjekte wahrnehmen.

Die Leistungen dieses Hülfsmittels für die Erkenntniss des verloren gehenden Gleichgewichts sind sehr viel geringer, als die der zwei erstgenannten Mittel. Wir können ja auch im Dunkel oder bei geschlossenen Augen sicher stehen, jedoch mit etwas grösseren Körperschwankungen als bei offenen Augen. Beim Stehen aber ausschliesslich auf einem Fuss greift dieses Hülfsmittel sehr viel deutlicher ein. Geradezu unentbehrlich endlich ist das Auge für das Stehen und Gehen in höheren Graden der als Tabes dorsalis bezeichneten Rückenmarksleiden.

293. Natürliches aufrechtes Stehen.

Dasselbe verlangt, wie erörtert, eine Steifung des die Körperlast tragenden Beines im Knie- und Hüftgelenk ohne Anwendung von Muskelkraft. Die hieher gehörigen mannichfaltigen Stehweisen können wir in 2 Gruppen theilen:

1) Vorzugsweises Stehen auf einem Bein. (Position hanchée; die deutsche Sprache hat dafür keine Bezeichnung). Das die Körperlast tragende Bein ist gestreckt und der gemeinsame Schwerpunkt des Körpers (so nehmen wir vorläufig an) senkrecht über dem Fussgelenk dieses Beines, also der Rumpf etwas nach dieser Seite geneigt. Das andere Bein wird bloss ganz leicht auf den Boden gesetzt und zwar am besten vor das stützende Bein; ausserdem ist es schwach gebeugt im Knie- und Hüftgelenk. Es trägt demnach die Körperlast nicht.

Der Körperschwerpunkt wird aus der oben bezeichneten Lage um ein Minimum in der Richtung gegen das schwach aufgesetzte Bein verlegt; leise Streckungen des letzteren im Knie stellen die Gleichgewichtslage, wenn sie gestört wird, sogleich wieder her. Die Hauptabarten dieses Stehens, auf die wir nicht näher eingehen, werden bestimmt: 1) von dem Winkel, welchen die Längsaxen beider Fusssohlen zwischen sich einschliessen und 2) von den Abständen beider Beine.

2) Gleichmässiges Stehen auf beiden Beinen. Die symmetrischen Theile des Körpers liegen hier gleichweit ab von der senkrechten Medianlinie, welche den Körper in eine rechte und linke Hälfte theilt. Diese Stehweisen können somit auch symmetrische, im Gegensatz zu den asymmetrischen der ersten Gruppe genannt werden. Von den manchfachen hier möglichen Anordnungen (Hauptabarten: Stärke der Spreizung der Beine und Grössen des von den beiden Fusssohlen eingeschlossenen Winkels) soll nur das Prototyp hervorgehoben werden: die von H. Meyer als „militärische" bezeichnete Stellung.

Dieses Stehen verlangt gleichmässiges Aufstehen beider Fusssohlen auf dem Boden; gleichmässige Vertheilung der Körperlast auf beide in ihren Hüft- und Kniegelenken in starre Stützen verwandelten Beine; senkrechte Lage des Schwerpunkts des Körpers über dem von beiden Füssen begrenzten Theil des Bodens.

294. Vergleichung beider Stehweisen.

Die natürlichste Aufrechtstellung wird und muss die sein, bei welcher 1) Knie und Hüfte des stützenden Beines im Maximo der Steifung verharren; 2) möglichst wenige Muskelkräfte beansprucht sind; 3) wir über das verloren gehende Gleichgewicht sogleich benachrichtigt werden, indem die oben entwickelten Aequilibrirungsgefühle unter die günstigsten Nebenbedingungen gestellt sind; und 4) wenn das Gleichgewicht schnellstens und mit einem Minimum von Kraft wieder gewonnen werden kann. Diese Stehweise muss demnach die solideste (die geringsten Körperschwankungen zeigende), die am längsten zu behauptende und (weil mit geringster Ermüdung verbunden) von den Menschen allgemein und unwillkürlich gewählt sein.

Alle diese Anforderungen erfüllt das vorzugsweise Stehen auf einem Bein sehr viel mehr als das symmetrische Stehen. Einige der hauptsächlichsten Vortheile der position hanchée (die wiederum ihre beste Form hat, gegenüber minder guten) sind:

1) Grössere Steifung in Knie und Hüfte des stützenden Beins, verursacht durch den Druck des Rumpfgewichts ausschliesslich auf dieses Bein. Beide Gelenke sind nahezu oder völlig im Maximo der Streckung; desshalb wird

2) bei der symmetrischen Stellung das Vorwärtsfallen der Unterschenkel namentlich verhütet durch die Wadenmuskeln, wobei zugleich, da diese die Kniee beugen, die Kniestrecker wirken müssen. Bei der unsymmetrischen Stellung aber sind die Wadenmuskeln des tragenden Beines viel weniger, die des leicht aufgesetzten gar nicht angestrengt, da a) das zweite Bein etwas vorgesetzt wird und somit das Vorwärtsfallen sogleich hemmt, und b) die Aktion des zweiten Beines bloss in ganz schwachen Zusammenziehungen der Kniestrecker besteht.

3) Bei der symmetrischen Stellung sind die Angriffspunkte der Muskeln (Wadenmuskeln), welche das Vorwärtsfallen des Körpers aufhalten, dem Fussgelenke sehr nahe. Bei der asymmetrischen Stellung aber besteht der grosse Vortheil, dass das zweite Bein, wenn es sich im Knie streckt, um den nach vorn überfallenden Körper zurückzuführen, seinen Angriffspunkt hoch oben hat, d. h. weit entfernt vom Fussgelenk. Die das verlorene Gleichgewicht herstellende Muskelthätigkeit wirkt also im zweiten Fall unter sehr viel günstigeren Hebelverhältnissen (137).

4) Bei der asymmetrischen Stellung übt das den Körper nicht tragende Bein nur einen sehr geringen Druck auf den Boden; ist das Ueberfallen des Körpers im Beginnen, so vermag in der That ein Druck von bloss 6—8 Kilogrammen auf den Boden die Gleichgewichtslage wieder herzustellen (Vierordt). Dieses Bein kann also auf den Boden drücken mit einem Gewicht, das geringer ist als sein eigenes; mit anderen Worten: die das verlorene Gleichgewicht

wiederherstellende Muskulatur (Kniestrecker) arbeitet unter einer fast vollständigen Entlastung, die Wadenmuskulatur beim symmetrischen Stehen dagegen bei viel stärkerer Belastung.

5) Die Druckgefühle der beiden Sohlenhäute sind, wie wir hier nicht näher ausführen können, beim unsymmetrischen Stehen im Vortheil, sowie auch die Aequilibrirungsgefühle der Muskeln, da letztere weniger angestrengt sind.

6) Die Körperschwankungen sind viel geringer beim asymmetrischen Stehen.

Beifolgende Figuren stellen Proben der, am Scheitel gemessenen, Schwankungen bei den verschiedenen Stellungen u. s. w. dar, nach der 291 angegebenen Methode. Das * bezeichnet die Anfangsstellung des Pinsels. Die Versuchszeit beträgt immer 3 Minuten; mit zunehmenden Zeiten nehmen die relativen Vorzüge der asymmetrischen Stellungen noch mehr zu.

Figur 56 *a* militärische Stellung; *a'* ebenso, aber mit geschlossenen Augen; *b* position hanchée (das rechte Bein ist das tragende); *c* Sitzen; *c'* Sitzen, blind; *d* Stehen auf einem (rechten) Fuss.

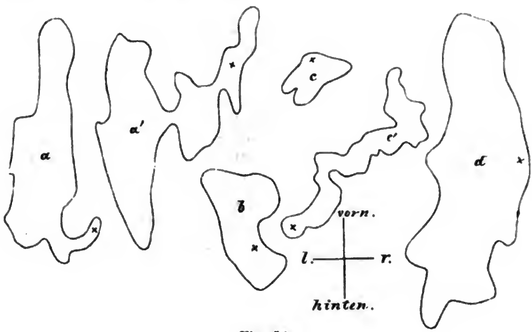


Fig. 56.

C. Gehen.

295. Aufgaben.

Die Beine entsprechen beim Gehen der doppelten Aufgabe des Stützens und Vorwärtsschiebens des Rumpfes. Sie wechseln dabei in der Art ab, dass das eine Bein in der genannten Weise, unter Verbrauch von Muskelkraft, thätig ist, während das andere bei augenblicklicher Erschlaffung seiner Muskeln am Rumpf hängt. Jedes Bein kommt also abwechselnd in einen aktiven und passiven Zustand.

Die älteren, vielfach unvollkommenen Untersuchungen von Borelli, Barthez u. s. w., über das Gehen und Laufen haben den gerade hier besonders

leicht möglichen Fehler, das Unwesentliche oder selbst Unzweckmässige einzelner individueller Gangarten als die Hauptsache anzusehen, nicht gehörig vermieden. Die nur der messenden Methode zugängliche Entdeckung der wichtigsten Erscheinungen der Fortbewegungen des Körpers und deren mechanische Theorie verdankt man W. und Ed. Weber.

296. Aktiver Zustand.

Das Bein wird aufgesetzt auf den Boden und bewegt sich um seinen Stützpunkt (Figur 57 *c*) von hinten nach vorn (wir wollen vorerst einfach annehmen in dem Bogen *a d*). Dabei nimmt es der Reihe nach 3 Lagen an: 1) der Schenkelkopf (Schwerpunkt des Körpers) steht hinter dem Fussgelenk *c*, also in irgend einem Punkt des Bogens *a b*. Den Rumpf kann es jetzt noch nicht stützen, diese Verrichtung vollführt noch das andere Bein. 2) Der Schenkelkopf steht senkrecht über dem Fussgelenk (*b c*); jetzt beginnt der aktive Zustand, aber in dieser Lage nur als Tragen der Körperlast. 3) Der Schenkelkopf steht vor dem Fussgelenk, in irgend einem Punkt von *b d*. Das Bein erhält also eine immer schiefere Lage gegen den Rumpf; dabei muss es den Rumpf 1) fortwährend stützen, 2) als neue Aufgabe, denselben gleichzeitig vorwärts schieben und 3) auf gleicher Höhe erhalten, sodass der Schenkelkopf nicht den Bogen *a d*, sondern annähernd die horizontale Gerade *a' d'* beschreibt. Diese Horizontalbewegung verlangt 1) auf dem Weg *a' b* Biegung im Kniegelenk, deren Maximum fallen muss in die Lage *b c*; 2) zwischen *b* und *d'* dagegen zunehmende Verlängerung des Beins, durch zunehmende Streckung im Knie- und hierauf im Fussgelenk. Dadurch wickelt sich der Fuss, der bisher ganz auf dem Boden stand, von hinten nach vorn ab. Endlich steht der Fuss auf dem Ballen (*d' c*), das Bein kann sich nicht mehr weiter verlängern, das Stützen geht über auf das andere Bein.

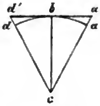


Fig. 57.

297. Passiver Zustand.

Auf die eben geschilderten Thätigkeiten folgt der passive Zustand; das Bein hängt am Rumpf und nimmt also Theil an dessen Vorwärtsbewegung, schwingt aber dabei gleichzeitig von hinten nach vorn. Die Schwingung ist ermöglicht durch die Beweglichkeit des Hüftgelenks (287) und geschieht ohne Betheiligung der Muskeln einfach nach den Gesetzen des Pendels. Desshalb hängt die Schwingungsdauer ab von der Beinlänge und der Art, wie die Masse des Beines vertheilt ist, sowie sie auch bei demselben Menschen fast dieselbe ist, die Schwingung selbst mag gross sein oder klein. Dadurch wird erzielt 1) Kraftersparung während der Muskelruhe und 2) eine grössere Regelmässigkeit der Schritte, sodass das Bein nach einer gewissen Zeit sicher vorwärts geschwungen ist und die stützende Rolle übernehmen kann.

298. Gleichzeitige Zustände beider Beine.

Beim allerschnellsten Gehen steht jeweils nur ein Bein auf dem Boden; es schwingt also das eine Bein die ganze Zeit, während das andere stützt und

schiebt. Die passive Periode sei ⌒, die aktive —, so haben wir das Schema Figur 58 für diese Wechselzustände, wobei das in beiden Beinen gleichzeitig Geschehende vertikal unter einander kommt. Der passive und aktive Zustand zeigen also dieselbe Dauer. Bei allen anderen, d. h. geringeren Geschwindigkeiten kommt noch hinzu ein 3. Zustand: ein Zeitraum, wo beide Beine den Boden berühren. Dieser beginnt mit dem Aufsetzen des vorderen Beines auf den Boden und endet mit dem Abheben des hinteren Beines; die Abwicklung der Fussohle fällt in diese Zeit. Bei sehr langsamem Gehen dauert diese Periode (s. Figur 59, x) etwa die Hälfte der Zeit, wo nur ein Bein aufsteht, sie wird bei schnellerem Gang immer kürzer. In Figur 59 sei ..... Periode des vorn aufgesetzten noch nicht stemmenden Beines, das übrige aber wie Figur 58. Beide Figuren zeigen, dass ein Bein den aktiven und passiven Zustand einmal (a bis a') durchgemacht hat in der Zeit eines Doppelschrittes. Ein einfacher Schritt aber liegt innerhalb der 2 Momente, wo die Stützpunkte beider Beine nach einander senkrecht unter dem Schenkelkopf stehen (a—b).

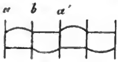


Fig. 58.

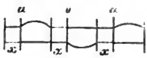


Fig. 59.

299. Nebenerscheinungen beim Gehen.

Der vorwärts bewegte Rumpf findet Widerstand in der Luft, daher seine Vorwärtsneigung, ähnlich wie die eines bloss an seinem unteren Ende unterstützten fortbewegten Stabes. Dabei ist der Rumpf im labilen Gleichgewicht auf den Schenkelköpfen, und die Rumpfneigung geschieht ohne Muskelanstrengung. — Der Rumpf wird annähernd gleich hoch getragen und zeigt nur kleine senkrechte Schwankungen. Gegen Ende des Stützens hört die Streckkraft plötzlich auf, der Rumpf sinkt ein Moment, um ebensoviel gehoben zu werden, wenn das andere Bein senkrecht unter den Rumpf kommt. — Geht man mit auf der Brust gekreuzten Armen, so macht der Rumpf kleine Horizontaldrehungen um den Schenkelkopf des stemmenden Beines von hinten nach vorn. Sie werden verursacht durch das nach vorn schwingende Bein, gewöhnlich jedoch verhütet durch Rückwärtsschwingung des gleichzeitigen Armes und das Vorwärtschwingen des anderseitigen Armes.

300. Geschwindigkeit des Gehens.

Die Geschwindigkeit vermehren wir durch Vergrösserung der Länge und Zahl der Schritte; dabei tragen wir die Schenkelköpfe um so niederer, je schneller wir gehen. Aus dieser Grunderscheinung folgen alle übrigen Unterschiede des schnellen und langsamen Ganges unmittelbar. Der erstere bietet folgende Erscheinungen: 1) Der Schenkelkopf steht nieder, das Bein kann also aus der senkrechten Lage stärker entfernt werden, desshalb werden die Schritte grösser. 2) Das stark geneigte stemmende Bein kann den Rumpf minder leicht stützen als das weniger geneigte, also muss die Streckung desselben schnell geschehen. Ebenso muss das schwingende Bein fertig sein mit einer Schwingung, wenn das Strecken des stemmenden Beines aufhört, die Schwingung wird also früher unterbrochen als beim langsamen Gehen. Beide Ursachen ver-

kleinern die Schrittdauer. 3) Das Schwingen des Beines wird früher unterbrochen, d. h. das schwingende Bein wird aufgesetzt, wenn es wenig über die senkrechte Lage nach vorn hinaus ist. Also kommt sein Schenkelkopf rascher senkrecht über den Fuss; das andere, bisher aktive Bein kann den Boden verlassen, also: der Zeitraum, wo beide Beine aufstehen, ist sehr kurz (beim allerschnellsten Gehen = 0). 4) Der Rumpf ist stärker nach vorwärts gebeugt.

Da beim allerschnellsten Gehen das schwingende Bein aufgesetzt wird, wenn es senkrecht steht und die Zeit des Auftretens mit beiden Beinen = 0 ist, so folgt: die Schrittdauer des schnellsten Gehens ist = der halben Schwingungszeit des Beines. — Die Schrittlänge des schnellsten Gehens ist = dem Raum, der überspannt werden muss vom gestreckten hinteren Bein, während das vordere senkrecht steht, plus der Länge der abgewickelten Fusssohle, oder mit andern Worten: halb so gross als die grösste Spannweite beider Beine plus der Länge des Fusses. — Also haben Dauer und Länge der Schritte, d. h. die Geschwindigkeit des Gehens einer Grenze, die durch die Mechanik des Apparates bestimmt wird. Auch giebt es beim ungezwungenen Gehen für jede Schrittdauer eine bestimmte Schrittlänge und umgekehrt.

Die Beziehungen zwischen Schrittdauer und Schrittlänge bei verschieden schnellem Gehen sind aus nachstehenden Weber'schen Versuchen ersichtlich:

Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Secunden-geschwindigkeit
0,335	851	2397
0,417	804	1928
0,480	790	1646
0,562	724	1288
0,604	668	1106
0,668	629	942
0,846	530	627
0,966	448	464
1,050	398	379.

D. Laufen.

301. Wesentlichste Merkmale.

Die Streckkräfte des stemmenden Beines wirken viel stärker als beim Gehen, dadurch erhält der Körper eine Wurfbewegung, während welcher beide Beine in der Luft schweben, zum wesentlichsten Unterschied vom Gehen, wo der Rumpf unausgesetzt unterstützt wird. Während des Schwebens nehmen die Beine Theil an der Vorwärtsbewegung des Rumpfes, die Schrittlängen können also grösser werden als die grösste Spannweite der Beine (beim schnellsten Gehen) erlaubt. Ausserdem schwingen während des Schwebens beide Beine vorwärts; das vordere Bein wird aufgesetzt, wenn es in die verticale Lage kommt, d. h. am Ende dieses Schrittes; das hintere Bein aber wird aufgesetzt erst am Ende des nächsten Schrittes, es schwingt also fort während des ganzen nächsten Schrittes. Durch diese Ausführung eines Theiles seiner Schwingung während des vorhergehenden Schrittes wird die Schrittdauer kürzer als die mit dem Laufen verbundene Schwingungszeit des Beines. Die kräftigen Streckungen erfordern stärkere Biegungen des Beines, wenn der Fusspunkt senkrecht unter dem Schenkelkopf steht, letzterer wird also tiefer getragen als beim Gehen. Die Wurfbewegung geschieht in parabolischer Bahn, die zerlegt werden kann

in eine horizontale und verticale Richtung, oder auch in eine steigende (Anfang) und fallende (Ende) Periode. Darauf gründet sich die Eintheilung in Eil- und Sprunglauf.

302. Eillauf.

Die senkrechten Schwankungen des Körpers sind gering, oft selbst geringer als beim Gehen. Der active Zustand (a) des Beines dauert, zum Unterschied vom Gehen, kürzer als der passive (b). Die Schwingung wird unterbrochen, sowie das Bein in die senkrechte Lage kommt, d. h. nach $^1/_2$ Pendelbewegung. Fig. 60 zeigt: dass der active Zustand (3 — 4) und der passive 4—7) eines Beines gerade ausfüllen die Zeit eines Doppelschrittes; ferner, dass die Schrittdauer zerfällt in die längere (3—4) des Stützens und die kürzere (4—5) des Schwebens beider Beine.



Fig. 60.

W. und Ed. Weber erhielten folgende Mittelwerthe bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten:

	Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge	Secunden-geschwindigkeit in Millimetern:
1)	0,262	1670	6380
2)	0,268	1542	5745
3)	0,292	1284	4383
4)	0,314	1138	3623
5)	0,326	934	2862
6)	0,303	718	2367
7)	0,304	519	1706
8)	0,305	416	1364
9)	0,301	315	1047.

Daraus folgt: 1) die Schrittlängen, also auch die Excursionsweiten des schwingenden Beines wachsen sehr bedeutend mit zunehmenden Geschwindigkeiten. Je grösser die letzteren, desto tiefer wird der Schenkelkopf getragen, desto mehr das stemmende Bein gebogen, desto stärker können dessen Streckmuskeln wirken, desto grösser also die Schrittlängen werden. Eine übermässige Steigerung der Streckkräfte würde zwar die Wurfbewegung bedeutend verstärken, aber das Herabfallen würde mehr Zeit fordern, als die Schrittdauer gestattet. Dadurch ist auch dem Eillauf ein Maximum (Zeile 1 der Tabelle) gesetzt: das Dreifache etwa des allerschnellsten Gehens. 2) Die Schrittdauern aber sind bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten sehr viel weniger verschieden; sie sind nie grösser als die Zeiten von $^1/_2$ Pendelschwingung. 3) Es giebt Laufgeschwindigkeiten (Zeile 7—9 der Tabelle), die geringer sind, andere, die grösser sind (Zeile 1 — 5) als die grösste Gehgeschwindigkeit (ungefähr in Zeile 6). Also kommt ein Punkt, wo die Geschwindigkeiten des Gehens und Laufens gleich sind. Dann aber ist überhaupt kein Unterschied mehr vorhanden, denn die Längen und Dauern der Schritte sind nun in beiden Fällen gleich. Dann muss die Zeit, wo beide Beine stehen beim allerschnellsten Gehen, oder die Zeit wo beide Beine schweben bei der fraglichen Geschwindigkeit des Laufens, = 0 geworden sein. 4) Fig. 60 zeigt, dass die Zeit der Pendelschwingung beim Laufen = ist der Dauer (a) des Eilschrittes plus der Zeit (b), wo beide Beine schweben. Also ergänzen sich die Zeiten a und b beim Laufen,

es sei schnell oder langsam, immer zur Dauer von 1/2 Pendelschwingung. Desshalb ist die längste Schrittdauer beim Laufen ungefähr in Zeile 6 der Tabelle, da hier die Zeit b = 0 ist. 5) Abwärts und aufwärts von diesem Punkt nehmen die Zeiten, wo beide Beine schweben, immer mehr zu. Wird nämlich *α*) das Laufen zunehmend langsamer als das schnellste Gehen, so wird der Schenkelkopf immer höher getragen, das stemmende Bein also durch den geworfenen Rumpf immer früher vom Boden erhoben, also der Zeitraum zwischen Heben des stemmenden Beins und Auftreten des anderen auf den Boden (d. h. der Zeitraum b) immer mehr vergrössert. Wird dagegen *β*) das Laufen zunehmend schneller als das schnellste Gehen, so wird der Schenkelkopf immer niederer, die Streckkräfte wirken immer stärker, die Wurfbewegung nach vorwärts nimmt immer mehr zu, das stemmende Bein wird also immer früher vom Boden erhoben und kann zunehmend länger mit dem vorderen Bein gleichzeitig schwingen.

303. Sprunglauf.

Der Körper erhält grössere Wurfbewegungen, desshalb können 1) die Schritte länger sein als beim Eillauf, während 2) die Erhebungen vom Boden immer grösser sind als bei letzterem. Desshalb braucht der Körper mehr Zeit zum Herabfallen, die Schrittdauern sind also grösser. Daraus folgt weiter, dass das schwingende Bein nicht dann schon aufgesetzt werden kann, wenn sein Fuss senkrecht unter dem Schenkelkopf steht, es schwingt also weiter nach vorn; hat es seine grösste Excursionsweite erreicht (d. h. eine ganze Pendelschwingung vollbracht), so wird sein Fuss aufgesetzt. Der Rumpf und obere Theil des aufgesetzten Beines bewegen sich aber noch weiter nach vorn, bis der Schenkelkopf senkrecht steht über dem Fuss. Jetzt erst kann dieses Bein stützen (beim Eillauf stützt das aufgesetzte Bein sogleich). Während eines Doppelschrittes macht das Bein sämmtliche Zustände durch: 1) Stemmung (Figur 61 *a*), 2) ganze Schwingung (*b-c-d-e*), 3) Bodenberührung ohne Stemmung (*f* mit .... angedeutet).



Figur 61.

Die Schrittdauer wird ausgefüllt durch a) Stemmung, b) gleichzeitige Schwingung beider Beine, c) Schwingung eines Beines, Aufsetzen (ohne Stemmen) des anderen (also *a*, *b*, *c* der Figur). Die Figur zeigt, dass Schrittdauer plus der Zeit des Schwebens beider Beine = sind der Schwingungszeit eines Beines, also ist die Schrittdauer kleiner als eine ganze Pendelschwingung. Die Zeit des Stemmens kann nur sehr kurz sein, da die Streckungen sehr schnell vollbracht werden, um starke Wurfbewegungen zu erreichen. Während des Stemmens wird der Schenkelkopf vorwärts bewegt, der stemmende Fuss zeigt also am Ende des Stemmens einen gewissen Horizontalabstand vom Schenkelkopf. Während des Schwingens schwingt der Fuss so vorwärts, dass er zuletzt ebenso weit vom Schenkelkopf vorn absteht, als er zu Anfang des Schwingens hinter ihm war. Am Ende aber des dritten Zeitraumes muss der Schenkelkopf senkrecht über dem Fuss stehen, also dieselbe Horizontaldimension durchlaufen wie in der ersten Zeit; die 1. und 3. Zeit müssen somit nahezu gleich sein.

Der Sprunglauf macht weniger athemlos als der Eillauf und wird desshalb öfters zwischen letzteren eingeschoben. Beim Eillauf kann der Körper nicht sogleich angehalten werden, wohl aber beim Sprunglauf, der desshalb auch beim Bergablaufen gewählt wird. Die Grössen der aufeinander folgenden Sprünge können beim Sprunglauf besser abgeändert werden, desshalb seine Anwendung, wenn wir bestimmte Bodenstellen berühren wollen, die für die Gehschritte zu weit entfernt sind.

Die Brüder Weber erhielten folgende Werthe:

Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Secunden-geschwindigkeit
0,460	1243	2702
0,468	1578	3372
0,455	1688	3710
0,411	1809	4402
0,404	1977	4894.

304. Methodik der Untersuchung des Gehens.

Die Versuche werden ausgeführt auf einem horizontalen, vor Wind geschützten Weg. Der schnelle Wechsel der Bewegungen beim Gehen macht die direkte Untersuchung der Einzelschritte oder gar der Einzelperioden jedes Schrittes fast unmöglich. Die Gebrüder Weber griffen desshalb zu dem Mittel der vielfach wiederholten Beobachtung. Die meisten ihrer Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerthe. Die mittlere Schrittlänge ist der Quotient der Schrittzahlen in die Weglänge; die mittlere Schrittdauer der Quotient der Schrittzahlen in die zum Durchlaufen des ganzen Weges nöthige Zeit. Mittlere Schwingungsdauer der Beine: während eines Doppelschrittes schwingt ein Bein 1 mal und steht 1 mal (Figur 58); man zieht also von der bekannten 2 fachen Schrittdauer ab die Zeit des Stehens und erhält so die Schwingungszeit. Zeit des Stehens: der Fuss muss ein in den Boden gelassenes bewegliches Brett schwach niederdrücken, so lang er aufsteht. Die Dauer des Niederdrückens ist auf verschiedene Weise messbar, am besten wohl durch Anschreibenlassen auf das Kymographion. Zeit (des Gehens) wo beide Beine stehen: Die Schrittdauer plus der Zeit wo beide Beine stehen ist = Zeit, wo ein und dasselbe Bein steht (Figur 59).

Fussverlängerung beim Strecken: Ein Faden wird befestigt am vorderen Sohlenrand des Fusses und am trochanter major mit zwei Fingern bei mässiger Spannung gehalten. Dann geht man gleichmässig. Die Verlängerung wird angegeben durch das Stück Faden, das zwischen den Fingern vorgezogen wurde. Verticalbewegungen des Körpers. Man merkt sich einen Punkt am Rumpf des Gehenden und bestimmt dessen höchsten und niedersten Stand mit dem Fernrohr. Viel besser wäre hier das selbstregistrirende graphische Verfahren, das für die Physiologie des Gehens u. s. w. überhaupt von Wichtigkeit werden dürfte.

XVII. Einleitung in die Physiologie der Sinne.

305. Leistungen.

Die Sinne unterrichten uns über die Aussenwelt (objektive Sinne) und über gewisse Zustände unserer eigenen Leiblichkeit (Gemeingefühle). Zur Aufnahme der Eindrücke von Aussen dienen eigenthümliche Werkzeuge, die Sinnorgane. An diesen unterscheidet man den Sinnesnerven und mehr oder minder zusammengesetzte Hülfswerkzeuge, welche bestimmte äussere Agentien zu den Endausbreitungen des Sinnesnerven leiten.

306. Grundbedingungen der Empfindungen.

I. Ein äusseres Agens: der Sinnesreiz, die objektive Ursache der Empfindung. Ihre Betrachtung ist Aufgabe der Physik. Die Undulationstheorie giebt sich mit Recht der Vorstellung hin, dass das, was wir Licht, Wärme, Schall nennen, in eigenthümlichen Bewegungen, in nach bestimmten Gesetzen sich wiederholenden, Stössen bestehe. Diese Bewegungen werden fortgeleitet durch die Hülfsapparate des Sinnes. Die Leitung selbst geschieht nach physikalischen Gesetzen, doch beginnt hier die engere Aufgabe der Sinnesphysiologie, weil die Erscheinungen modificirt werden durch besondere Anordnungsweisen der leitenden Medien.

II. Erregung des Sinnesnerven. Der Nerv ist am leichtesten aus seinem Ruhezustand zu bringen an der Peripherie, von wo aus die Veränderungen sich fortpflanzen bis zu dem betreffenden, nicht näher gekannten Centralorgan des Sinnes im Gehirn.

III. Die bewusste Wahrnehmung eines veränderten Zustandes des Sinnesnerven. Die Empfindung in letzter Instanz ist somit ein rein psychischer Vorgang.

Die Sinne, hineingestellt zwischen Körper- und Geisteswelt, bieten ohne Zweifel die zugänglichste Seite für psychologische Studien im Sinne der Naturwissenschaften. Wenn es jemals gelingen sollte, die bisher im besten Falle rein descriptiv verfahrende Psychologie der Philosophen und Physiologen weiter zu führen auf das Gebiet naturwissenschaftlicher Erklärungen, so würde das, wie es scheint, hier am ehesten möglich sein. Die Brücke vom gewöhnlichen materiellen Vorgang bis zur Sinnenempfindung ist aber vorerst schlechterdings nicht herstellbar, obschon letztere zu den anscheinend elementareren Vorgängen des Seelenlebens gehört.

307. Specialsinne.

Schon Aristoteles hat die Sinne unterschieden in specielle und generelle. Der Specialsinn, meist gebunden an ein bestimmtes Organ, vermittelt Empfindungen eigener Art und nicht vergleichbar mit denen eines anderen Specialsinnes (Drücke, Temperaturen, Farben, Schalle, Gerüche, Geschmäcke). Ausserdem sind diese Empfindungsweisen, ihrem subjektiven Inhalt nach, vollkommen unerklärlich, wir begreifen z. B. die Nothwendigkeit nicht, warum Lichtwellen

von dieser Beschaffenheit in uns diese, und nicht jene, Farbe oder überhaupt irgend welche andere Empfindungsqualität veranlassen.

308. Generalsinne.

Die Raum- und Zeitwahrnehmungen sind an keine besonderen Sinnorgane geknüpft. Der sog. Raumsinn ist dem Seh- und Tastorgan eigenthümlich; er belehrt uns über die Gestalten und Lagen der Gegenstände. Dieses wird ermöglicht, indem die Objekte, wenn wir sie sehen, Bildchen entwerfen auf der Netzhaut des Auges, oder, wenn wir sie betasten, gewissermassen Abdrücke setzen auf der tastende Fläche. Conkrete räumliche Anschauungen sind demnach nur möglich durch entsprechende, d. h. räumlich angeordnete Einwirkungen der Sinnesreize auf eine (um den gebräuchlichen, an sich freilich falschen, kurzen Ausdruck zu wählen) mit Raumsinn begabte Fläche. Das Zustandekommen aber des Raumbegriffes wird damit freilich so wenig erklärt, als die Empfindungen des Roth, des Süssen u. s. w. (s. 325).

Der noch wenig untersuchte sog. Zeitsinn führt uns zur Unterscheidung auf einander folgender Sinnesreize als zeitlich getrennt von einander, und zwar ist das bei allen Sinnen möglich. Es müssen desshalb Einrichtungen vorhanden sein, vermöge welcher die zeitlich nach einander folgenden Sinneserregungen in der richtigen Zeitfolge zum Bewusstsein gelangen.

309. Beschränkung der Sinne.

Die Specialsinne sind beschränkt, d. h. bloss eine bestimmte Zahl äusserer Einflüsse veranlasst in uns bestimmte, specifische Empfindungsqualitäten. Für viele, zum Theil sogar auf unseren Körper sehr mächtig einwirkenden Agentien, z. B. die Feuchtigkeitsgrade, die Drücke der Luft, haben wir dagegen keine speciellen Sinnorgane.

Mehr Sinne, als die vorhandenen, würden, so scheint es, bei den gegebenen geistigen und körperlichen Zuständen, weder unsere intellektuelle Kenntniss der Körperwelt wesentlich fördern, noch sonst uns praktisch nützlich sein. Die Warmblüter haben so viele Sinne als der Mensch; es ist unwahrscheinlich (schon nach der Analogie des Organisationsplanes), dass bei ihnen neue Empfindungen vorkommen. Die Sinnesempfindungen der niederen Thiere können über unbestimmte Gefühle, verworrene Gemeingefühle nicht hinausgehen. Die Sinnes- und Seelenentwicklung läuft in der Thierwelt wohl eine Strecke lang einigermaassen parallel; in den höheren Thierklassen aber kann von einer solchen Reciprocität nicht mehr die Rede sein.

310. Eintheilung der Sinnesreize.

I. Homologe (adäquate). Für diese ist das Sinnorgan speciell gebaut und der betreffende Nerv besonders empfänglich (Licht und Retina; Schall und Hörnerv). II. Heterologe Reize eines Sinnesnerven sind alle übrigen, welche Empfindungen veranlassen können, z. B. Elektricität, Schlag auf die Retina. Die so entstehenden Empfindungen sind aber ähnlich denen, welche durch die homologen Reize veranlasst werden.

Eine Anzahl Agentien, die gewisse Nerven zu Empfindungen bestimmen, setzen keine Empfindungen in anderen Nerven, das Licht z. B. ist wirkungslos auf die Tastnerven.

311. Specifische Empfindungen.

Nach dem vorhergehenden Paragraphen verursachen objektiv ganz verschiedene Reize, welche denselben Sinnesnerven treffen, Empfindungen derselben Art. Die Retina vermittelt Farbenempfindungen, sie mag gereizt werden durch objektives Licht, Elektricität oder Drücke u. s. w. Man schreibt desshalb jedem Sinn eine ihm eigenthümliche Energie zu, die an sich unerklärbar, jedenfalls nicht von der Qualität des Nerven selbst abzuleiten ist, sondern von dem nervösen Centralapparat desselben.

Mangelt ein Sinn, so fallen die ihm zukommenden Empfindungen aus. Der vollständig Taube z. B. vernimmt die stärksten Schalle nicht; wohl aber kann er Schalle indirekt wahrnehmen als Tastempfindungen. Er fühlt z. B. die Erzitterungen des Bodens, wenn Jemand in das Zimmer tritt. Die gesund gebliebenen Sinne sind also nicht im Stande, die specifischen Wahrnehmungen des fehlenden zu vermitteln, wohl aber können sie zu grösserer Entwickelung kommen, z. B. bei Blinden das Gehör und Getast.

312. Objektive und subjektive Empfindungen.

Die objektiven werden verursacht durch äussere (homologe oder heterologe) Reize; die subjektiven dagegen durch innere, im nervösen Sinnesapparate liegenden Reize, z. B. Blutandrang, welche sowohl den Empfindungsnerven in der Peripherie oder in seinem Verlauf, als auch gewisse Parthieen des Gehirns (die Centralorgane des Sinnes) treffen. Die subjektiven Empfindungen sind übrigens, qualitativ genommen, den objektiven vollkommen ähnlich; der Hörnerv z. B. kann keine anderen subjektiven Empfindungen vermitteln als Töne und Schalle. Desshalb fällt uns manchmal die Entscheidung schwer, ob eine Empfindung durch etwas Aeusseres angeregt worden ist oder nicht, und es sind dann förmliche Versuche nöthig, um unser Urtheil festzustellen. Aeussere Schalle z. B. hören wir deutlicher bei einer gewissen Stellung des Ohrs und bei Annäherung an die Schallquelle; sie verschwinden beim Verstopfen des Ohres. Diese Mittel benutzen wir zur Unterscheidung der objektiven und subjektiven Schalle. Aehnliche Controllen haben wir bei den übrigen Sinnen.

313. Objektivirung der Empfindungen.

Obschon die Empfindungen zunächst nichts Anderes sind als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der nervösen Sinnesapparate selbst, so verlegen wir doch das Empfundene in die Aussenwelt, ja wir fassen sogar die durch das Aeussere in uns verursachten Empfindungszustände auf als objektive Eigenschaften dieses Aeusseren. Guter Geruch ist uns eine Eigenschaft des Veilchens, roth eine solche des Blutes. Die Empfindungen zerfallen in diesem Betreff in drei Reihen:

1) Empfindungen höchster Objektivität (Gesicht und Gehör). Wir verlegen dieselben, mit vollständiger Entäusserung unseres empfindenden Ich, ganz ausserhalb unseres Körpers, so zwar, dass nicht im Geringsten die begleitende Vorstellung eines veränderten Zustandes des Sinnesapparates vorhanden ist.

2) Empfindungen mittlerer Objektivität (Tastempfindungen). Auch diese verlegen wir an den Ort, wo das den Sinn afficirende Objekt wirklich ist; dieser Ort ist aber die Peripherie des Sinnesnerven selbst. Daher kommt es wohl, dass wir diese Empfindungen beziehen sowohl unmittelbar auf Theile unseres Körpers, als auch auf die äusseren Dinge selbst, doch so, dass Letzteres vorschlägt.

3) Empfindungen geringer Objektivität (Temperaturen, Gerüche, Geschmäcke). Diese verschaffen uns verhältnissmässig am meisten die Empfindungen veränderter Körperzustände. Beim Riechen verlegen wir sogar die Empfindung, rein sinnlich genommen, in die Nase und nur durch die begleitenden Vorstellungen in die Aussenwelt. Diese Sinne sind somit die relativ subjektivsten.

314. Hülfsmittel zur Objektivirung der Empfindungen.

In der ersten Lebenszeit haben wir keine Kenntniss der Aussenwelt; die Empfindungen sind hier nur verworrene Gemeingefühle. Langsam lernt das Kind unterscheiden sein Ich von der Aussenwelt und gleichen Schritt damit hält der Process der Trennung seiner Empfindungen. Gewisse Empfindungen nämlich lernt es beziehen auf das Aeussere, andere dagegen auf die eigene Leiblichkeit, d. h. es macht auf verschiedenen Wegen und mittelst der mannigfaltigsten Controllmethoden die Erfahrung, dass der einen Empfindung regelmässig ein Aeusseres entspricht, der anderen dagegen nicht. Der psychische Process aber, welcher diese Unterscheidung des Ichs von der Aussenwelt begleitet, d. h. die Genese des Selbstbewusstseins, ist uns vollständig verborgen; denn wenn wir uns Vorstellungen machen über den Vorgang selbst, so ist er immer nur begreiflich unter der Voraussetzung einer rudimentären, bildungsfähigen Seele, d. h. das wird schon als vorhanden angenommen, was genetisch erst demonstrirt werden sollte. Alle Ueberlegungen führen somit nicht auf den wahren Vorgang selbst, sondern bloss auf die, hier wenigstens ziemlich gleichgültigen, äusseren Bedingungen desselben.

315. Nervenreizung in ihrem Verlauf.

Die Sinnesnerven sind am reizbarsten an ihren peripheren Enden; gewisse homologe Reize sind sogar unwirksam im Verlauf der Nerven, für das Licht z. B. ist die Netzhaut, nicht aber der Sehnerv selbst empfindlich. Werden die Nerven in ihrem Verlauf gereizt, so verlegen wir die entsprechenden Empfindungen an die Orte, wohin wir die normalen peripheren Nervenreizungen zu versetzen gewohnt sind. Bei der Amputation schmerzen, wenn die Nervenstämme durchschnitten werden, die von diesen versorgten Hautstellen; eine Reizung des Sehnerven wird als Farbenerscheinung verlegt in das äussere Sehfeld u. s. w. Die Amputirten haben sogar Jahre lang nach der Operation Empfindungen, die sie deutlich in das fehlende Glied versetzen, offenbar in Folge von Reizungen der Nervenstümpfe.

316. Qualitative Empfindungen desselben Sinnes.

Jeder Sinn verschafft uns die mannigfaltigsten Empfindungsqualitäten (verschiedene Farben, Geschmäcke u. s. w.). Die verschiedenen Empfindungsquali-

täten desselben Sinnes sind, **subjektiv** genommen, in der Regel wenig, oder selbst gar nicht, mit einander vergleichbar; ganz anders aber verhält es sich mit den **objektiven** Ursachen derselben: die verschiedenen Farben unterscheiden sich einfach durch die Schwingungszahlen des Lichtäthers, die Tonhöhen durch die Schwingungszahlen der Tonquellen u. s. w.

Feinheit der Empfindung ist das Vermögen, möglichst nahe verwandte objektive Sinnesreize (z. B. zwei nahe liegenden Schwingungszahlen als zwei verschiedene Tonhöhen) noch unterscheiden zu können. Dieses Vermögen hat bei allen Sinnen seine Grenzen.

317. Intensitäten der Empfindungen.

Sie zerfallen in zwei Categorieen: 1) Empfindungen der Generalsinne. Diese sind überhaupt nur quantitativer Natur, d. h. sie haben wahre **Multipla** (Raum- und Zeitgrössen). Die Wachsthümer dieser Empfindungen sind einfach proportional den wachsenden Grössen der empfindungserregenden Objekte; eine Linie von 2 Zollen macht den doppelten räumlichen Eindruck einer Linie von 1 Zoll; ein Zeitintervall von $^1/_4$ Note den doppelten zeitlichen Eindruck von $^1/_8$ Note. 2) Empfindungen der Specialsinne. Die Stärken dieser Empfindungen wachsen mit den Intensitäten der empfindungserregenden Objekte, aber so, dass die Empfindungen **keine** deutlich ausgesprochenen **Multipla** zeigen; z. B. die verschiedenen Concentrationsgrade eines Geschmackstoffes oder die Grade der Helligkeit.

Die **Schärfe** der Empfindungen wird gemessen durch die Fähigkeit 1) zwei in ihren Stärken möglichst wenig abweichende Reize noch unterscheiden zu können, z. B. zwei nahezu gleich grosse Linien, oder 2) möglichst geringe Intensitäten der Sinnesreize überhaupt noch wahrnehmen zu können, z. B. einen leisesten Ton.

318. Zeitverhältnisse der Empfindungen.

Reize von kürzester Dauer, z. B. ein elektrisches Licht, sind noch wahrnehmbar, wenn sie die gehörige Stärke haben. Zwischen der Einwirkung des Reizes und der Empfindung liegt eine sehr kleine, jedoch nicht messbare Zeit.

Während der Wirkung des Reizes ist die Empfindung anhaltend; ist der Reiz schwach, so wächst sogar mit zunehmender Dauer desselben die Deutlichkeit der Empfindung, und erst später tritt eine gewisse Abstumpfung ein, d. h. die Empfindung wird schwächer oder qualitativ verändert. Ist aber der Reiz stark, so kommt der Wendepunkt der Abstumpfung sehr viel früher. Diese von **Valentin** für das Riechen aufgestellten Sätze sind von allgemeiner Bedeutung für die Sinnesphysiologie.

Nach Aufhören des Reizes können **Nachwirkungen** eintreten, z. B. Farbenwahrnehmungen nach Einwirkung stärkerer Lichtgrade. Diese Nachwirkungen sind die Folgen von Gleichgewichtsstörungen im Sinnesnerven selbst, der nicht sogleich zur Ruhe kommt, oder von Veränderungen der zuleitenden Apparate des Sinnesorganes. Krankhafter Weise können diese Nachwirkungen besonders lange andauern.

319. Einfluss der Aufmerksamkeit.

Trotz vorhandener Reizung des Sinnesnerven können die Empfindungen ausfallen: 1) bei unterbrochener Leitung zum Gehirn, z. B. Durchschneidung des Nerven oder des Rückenmarkes; 2) bei getrübtem Bewusstsein (gewisse Hirnkrankheiten, Schlaf u. s. w.); 3) bei Ablenkung der Aufmerksamkeit, z. B. Affekte, Zerstreutsein; oder monotone beständig einwirkende Reize (Tiktak der Uhr z. B.) die wir nicht mehr beachten. Merkwürdig ist, dass die nicht beachteten Eindrücke unter Umständen nachträglich noch, mehr oder minder deutlich, zum Bewusstsein kommen können.

Bedingung der vollkommenen Deutlichkeit einer Empfindung ist die vollständige Concentration der Aufmerksamkeit auf dieselbe. Desshalb stören sich entweder zwei gleichzeitige Empfindungen, z. B. des Gesichts und Gehörs, oder wir bevorzugen eine derselben und vernachlässigen die andere.

320. Intellectueller Werth der Sinne.

Die Sinne allein ermöglichen die Entwickelung unserer psychischen Anlagen; sie belehren das Kind, auf dem Wege langer Erfahrungen, über die Existenz eines Aeussern, dem es das Bewusstsein des eigenen Ich entgegensetzen muss. Alle Empfindungen in der ersten Lebenszeit sind bloss allgemeine, beziehungslose Erregungszustände, die mit denen des bewussten Individuums auch nicht entfernt vergleichbar sind.

Fehlen die wichtigsten Sinne, so kommt die psychische Anlage nicht zur Entwickelung. Solche Menschen stehen geistig tiefer als viele Thiere. Obige Anschauung weicht einem alten Streit aus: unsere Ideen sind weder ausschliesslich erworben durch die Sinne (Sensualismus), noch sind sie angeboren (Idealismus). Angeboren, aber freilich unerklärt, ist bloss die psychische Anlage.

321. Realität der Sinnesempfindungen.

Die Ansicht, dass die concreten Sinnesempfindungen, ja selbst unsere Grundvorstellungen über die Körperwelt, Täuschungen und Trugbilder seien, hat von jeher Vertheidiger gehabt. Sie könnte scheinbar ihre grösste Berechtigung darin finden, dass die Empfindungen in letzter Instanz nichts sind als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der Sinnesnerven selbst. Gleichwohl aber sind die Empfindungen wahr.

Was die Specialsinne betrifft, so verursacht dieser Zustand des sog. Lichtäthers in uns die Empfindung einer bestimmten Farbe, diese Schwingungen eines tönenden Körpers die Empfindung eines bestimmten Tones, d. h. Sinnesreize und Empfindungsqualitäten sind nicht mit einander vergleichbar, noch können sie bei diesen specifischen Sinnen mit einander irgend vergleichbar sein. Aber die Empfindungsqualitäten an sich sind hier vollkommen gleichgültig, da es nur darauf ankommen kann, dass die Sinnesreize correspondirende und regelmässig wiederkehrende Formen der Empfindungen bedingen, und diese belügen uns nicht.

Anders verhält es sich mit den Empfindungen der Generalsinne. Mit wachsenden Werthen des concreten Räumlichen und Zeitlichen erhalten wir nicht etwa neue Empfindungsqualitäten, sondern wirkliche Multipla der Empfindungen, entsprechend den grösseren Werthen des betrachteten Räumlichen und des betrachteten Zeitlichen. Was aber das Wesentlichste ist, so fallen hier die specifischen Empfindungsformen weg und verschiedene Sinne führen zu denselben Grundanschauungen der Körperwelt. Wir haben nicht den mindesten Grund, in Abrede zu stellen, dass Gegenständliches und Empfindungen hier mit einander vergleichbar sind.

Man will aber auch die letztere Behauptung, welche eine Physiologie der Sinne mit Nachdruck festhalten muss, bestreiten, unter Hinweisung auf den Widerspruch zwischen der, durch Denk- und Naturgesetze festgestellten Unendlichkeit des Raumes und der Zeit einerseits, und der Endlichkeit des empfundenen oder gedachten konkreten Raumes und der konkreten Zeit andererseits, und aus diesem vermeintlichen Widerspruch den Satz ableiten, dass Raum und Zeit als Anschauungen, sowie als Begriffe, blosse subjektive Categorieen unseres Bewusstseins seien.

Dieser Widerspruch besteht aber keineswegs. Das Einzelne ist zwar zeitlich und räumlich begrenzt, es hat als solches seinen Anfang und sein Ende; es ist aber nicht entstanden ohne physisch-reale Ursache und hört nicht auf, ohne entsprechende Wirkungen zu hinterlassen. Seine Atome sind unveränderlich, ewig und ungeworden. Das Einzelne steht also nicht im Widerspruch mit der zeitlichen und räumlichen Unendlichkeit des Universums, die höchstens für die unmittelbare Sinnlichkeit unfasslich ist, während, vom Standpunct der mechanischen Grundprincipien der Naturwissenschaften aus, gerade das Gegentheil unbegreiflich und paradox wäre.

322. Sinnestäuschungen.

Die zahlreichen, hierher gehörigen, im psychisch gesunden und psychisch kranken Leben vorkommenden Phaenomene können auf folgende Hauptursachen zurückgeführt werden:

1) Physikalische Ursachen; z. B. Täuschungen über den Ort einer Schallquelle wegen Reflexion des Schalles, oder die scheinbare Knickung eines in Wasser getauchten Stabes.

2) Pathologische Zustände der zuleitenden Apparate; die Sinnesreize werden dann auf den Nerven unrichtig übertragen.

3) Normale Einrichtungen des nervösen Sinnesapparates; z. B. nicht sofortiges Erlöschen der Empfindung nach Aufhören des Reizes (sog. Nachempfindungen). Eine im Kreis bewegte feurige Kohle verursacht den Eindruck eines kontinuirlichen Feuerkreises.

4) Unbekannte Zustände, wahrscheinlich falsche Reaktionsweisen des Sinnesnerven selbst; z. B. gewisse Farben werden von Einzelnen nicht unterschieden. Die Kategorien 2—4 bilden die Sinnestäuschungen im engern Sinn, die bedingt sind durch den Sinnesapparat selbst.

5) Die sog. Illusionen, d. h. Veränderungen objektiv richtiger sinnlicher Eindrücke durch Seelenstimmungen; z. B. mangelnde Erfahrungen über die Aussenwelt (das kleine Kind greift nach einem fernen Gegenstand) oder vorgefasste Meinungen (z. B. Gespenstersehen des Abergläubischen).

6) Subjektive Sinnesempfindungen (312). Sie werden 1) als solche erkannt, d. h. dass ihnen nichts Aeusseres entspricht, z. B. Ohrensausen, Augenflimmern u. dgl. 2) Sie werden nicht als solche erkannt und dann in der

Regel von der Seele verändert, vergrössert. Dieses ereignet sich besonders bei getrübtem Bewusstsein; ein Ohrensausen verwandelt sich in Stimmen, ein Flimmern vor den Augen in Gestalten (sog. Hallucinationen in Fieberdelirien, Geisteskrankheiten u. dgl.).

7) Sinnliche Vorstellungen, besonders die intensiven und anhaltenden, gehen endlich über in vermeintliche Sinnesempfindungen. Sie sind, wenigstens theoretisch, abzuscheiden von der 6. Kategorie von Täuschungen, die, als subjective Empfindungen, von materiellen Erregungszuständen des nervösen Sinnesapparates abhängen. Die Erscheinungen auch der 7. Gruppe nennt man Hallucinationen (religiöse Visionäre, Besessene, manche Somnambülen; es können selbst eine Anzahl von Menschen gleichzeitige und übereinstimmende derartige Hallucinationen haben).

Besonders merkwürdig sind die sehr seltenen sog. Hallucinationen ohne Wahn. Ein geistig Gesunder sieht Gestalten, hört sie selbst reden u. dergl., ohne sie für objektiv und wahr zu halten. Diese Phänomene sind um so auffallender, als sie, wenigstens in einzelnen Fällen, nachgewiesenermaassen nicht durch entsprechende Richtungen der sinnlichen Vorstellungen entstanden sind.

XVIII. Tastsinn.

323. Specialsinne.

Der Tastsinn (Gefühlssinn) verschafft zweierlei Empfindungen: des Druckes und der Temperatur. Beide sind specifischer Natur; gleichwohl aber haben sie, soviel man bis jetzt weiss, keine gesonderten peripheren Organe und primitiven Nervenfasern. Ueber die Centralstellen dieser Empfindungen im Gehirn ist nichts bekannt. Die nachfolgende Darstellung beruht fast ausschliesslich auf den Arbeiten E. H. Weber's, dem dieser Theil der Physiologie seine Begründung verdankt.

Mit dem Vermögen, objektive Drücke und Temperaturen wahrzunehmen, sind begabt die allgemeinen Bedeckungen, Mundhöhle, vorderer Eingang und Boden der Nasenhöhle, Schlund und Mastdarmende. Es besteht somit eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung hinsichtlich der lokalen Ausbreitung beider Empfindungen.

Undeutliche Temperaturempfindungen kommen noch vor in der Speiseröhre. In allen übrigen Theilen des Nahrungsschlauchs fehlt der Druck- und Temperatursinn. Legt man z. B. einem mit einer Darmfistel Behafteten ein Stückchen Eis auf die Schleimhaut des Darms, so tritt keine Kälteempfindung ein. Ebensowenig empfinden wir etwas von den Drücken, welche die, nicht mit Drucksinn begabten Körpertheile, gegenseitig auf einander ausüben.

324. Generalsinne der Tastorgane.

Die Drücke und Temperaturen, welche die Organe des Tastsinnes treffen, erzeugen nicht bloss die entsprechenden specifischen Empfindnngen des Druckes und der Temperatur, sondern diese Empfindungen werden von uns ohne Ausnahme verlegt in die betreffenden Körpertheile selbst; die letzteren sind, um den üblich gewordenen kurzen Ausdruck zu brauchen, mit Ortssinn (Raumsinn) begabt. Demgemäss unterscheiden wir auch zwei, im Uebrigen völlig gleiche Eindrücke, welche zwei verschiedene Hautstellen treffen, als gesonderte.

Ausserdem fassen wir zwei, auf das Tastorgan nach einander oder mit einander wirkende Eindrücke entsprechend als zeitlich gesonderte oder als gleichzeitige auf. Die tastende Fläche ist also, sit venia verbo, mit „Zeitsinn" begabt.

325. Feinheit des Raumsinnes.

Der Raumsinn zeigt an den einzelnen Körperstellen sehr verschiedene Grade von Feinheit, die nach E. H. Weber auf zweierlei Weise ermittelt werden.

Man berührt eine Hautstelle mit einer Stricknadel; der Berührte muss anzeigen, wo die Berührung stattfindet oder wo sie stattfand. Der Irrthum beträgt unter den günstigsten Bedingungen an den Lippen und Fingerspitzen $^1/_2$ Par. Linie, am Oberschenkel aber 7 Linien.

Oder man setzt die Spitzen eines Zirkels auf die Haut und bestimmt den kleinsten Abstand der Spitzen, bei welchem noch eine zweifache Empfindung vorhanden ist. Um letztere zu erhalten, muss man die Zirkelspitzen entfernen: $^1/_2$ Linie an der Zungenspitze (dem in diesem Betreff bevorzugtesten Körpertheil), 1 Linie auf der Volarseite des letzten Fingerglieds, dagegen 16—30 Linien auf den am wenigsten begünstigten Hautstrecken, nämlich der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels und Rückenhaut. Werden aber die Zirkelspitzen einander mehr genähert, als die genannten Abstände betragen, so entsteht nur eine einzige Empfindung.

E. H. Weber erhielt für die übrigen Hautbezirke folgende Werthe in Linien: 2: rother Theil der Lippen, Volarseite des zweiten Fingergliedes — 3: Dorsalseite des letzten Fingerglieds, Nasenspitze, Volarseite an den Capitulis ossium metacarpi — 4: Rücken der Zunge, 1 Zoll hinter der Spitze in der Mitte; Rand der Zunge; nicht rother Theil der Lippen, am Metacarpus des Daumens — 5: Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede, Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger, Backen, äussere Oberfläche des Augenlids — 6: Mitte des harten Gaumens — 7: Haut auf dem vorderen Theil des Jochbeins, Plantarseite am Mittelfussknochen der grossen Zehe, Rückenseite des ersten Gliedes der Finger — 8: Rückenseite der Capitula ossium metacarpi — 9: Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch — 10: Haut am hinteren Theile des Jochbeines, unterer Theil der Stirn, hinterer Theil der Ferse — 12: Behaarter unterer Theil des Hinterhauptes — 14: Handrücken — 15: Hals unter der Kinnlade, Scheitel — 16: Kniescheibe und Umgegend — 18: Kreuz, auf dem m. glutaeus, oberer und unterer Theil des Unterarmes und Unterschenkels, Fussrücken in der Nähe der Zehen — 20: Haut auf dem Brustbein.

Bei der zweifachen Empfindung hat man zugleich ein deutliches Gefühl eines Zwischenraumes zwischen den zwei berührten Hautstellen; während die einfache Empfindung beider Zirkelspitzen selbstverständlich die Wahrnehmung eines Zwischenraumes ausschliesst, wohl aber unter Umständen die Empfindung

eines länglichen Körpers veranlasst. Man kann dann wenigstens angeben, ob die zwei Zirkelspitzen in der Längs- oder Querrichtung u. s. w. des betreffenden Körpertheils liegen. Sind aber beide Eindrücke verschieden, z. B. die eine Zirkelspitze kalt, die andere warm, so fühlt man sie gedoppelt, ohne jedoch über die Stellung derselben etwas aussagen zu können, z. B. welche die obere ist (Czermak).

Besonders entwickelt, und zwar angeblich an allen Körperstellen, ist der Raumsinn bei Blinden, wogegen er abnimmt in Folge starker Dehnungen der Haut, also z. B. auf der Bauchhaut Schwangerer (Czermak). Uebung erhöht die Feinheit des Raumsinnes, und zwar an sonst minder bevorzugten Körperstellen verhältnissmässig mehr, als an den feiner tastenden. Wird der Sinn an einer Hautstelle durch Uebung geschärft, so kommt dieses, nach Volkmann, der symmetrischen Stelle der anderen Körperseite ebenfalls zu gut.

Das Grundfactum, dass ein Eindruck, welcher einen Punkt einer mit Raumsinn begabten Fläche trifft, eine Empfindung setzt, unterscheidbar von dem (objektiv gleichen) Eindruck, der auf einen andern Punkt einer solchen Fläche wirkt, ist sammt den abgeleiteten Thatsachen keiner Erklärung fähig. E. H. Weber verlangt für eine derartige Fläche (Cutis oder Netzhaut des Auges), dass jede Nervenfaser einen bestimmten Bezirk der Fläche versorge, und dass andererseits die centralen Enden der Nervenfasern im Hirn in ähnlicher Ordnung neben einander liegen, wie deren peripheren Enden. Die Entstehung einer Raumanschauung ist durch solche mechanische Einrichtungen freilich nicht erklärt (308), desshalb hat man (Lotze, Waitz, Wundt) mit Recht darauf hingewiesen, dass die Raumanschauungen aus Eigenschaften der Seele selbst abgeleitet werden müssen, vermöge welcher diese gezwungen ist, Eindrücke gewisser Art als räumlich gesonderte von einander aufzufassen. Dieser psychologische Theil des Problems ist aber ungelöst, und wir verzichten auf die Darlegung der die Sache nicht wesentlich weiter fördernden Vorstellungen, die man in diesem Betreff aufgestellt hat.

326. Gestaltwahrnehmungen.

Zur Beurtheilung der Gestalten der Gegenstände und deren gegenseitigen Entfernungen haben wir zwei Hülfsmittel:

I. Der Gegenstand kommt in Berührung mit der Haut und setzt gewissermaassen einen Abdruck auf derselben. Die gegenseitigen Lagen und Abstände der berührten Hautstellen sind uns aber genau bekannt, daraus beurtheilen wir unmittelbar die Grösse und Gestalt des Gegenstandes selbst.

Das Tastobjekt berührt 1) entweder mit allen seinen Punkten gleichzeitig die Haut, oder 2) die Berührung geschieht successiv, d. h. immer neue Stellen des Objektes kommen in Contact mit neuen Bezirken der Haut. In diesem Fall ist unser Urtheil oft sicherer, indem der Gang der Vorstellung durch die Wirklichkeit dem Sinn schon vorgeschrieben ist (Tourtual). Diese successiven Berührungen dürfen übrigens weder zu schnell, noch zu langsam erfolgen.

II. Wir betasten successiv neue Punkte des Gegenstandes und schliessen aus der Grösse und den Richtungen der von uns vollführten Bewegungen auf die Grösse und Gestalt desselben.

Diesen Wahrnehmungen sind übrigens bestimmte Grenzen gesetzt. Ein Kreis von 1½ Linien Durchmesser wird als solcher nur wahrgenommen mit der Zungenspitze, aber nicht mehr mit den Lippen und der Volarfläche der

letzten Fingerglieder, wo der Kreis schon 2 Linien Durchmesser haben muss. Am Bauch ist ein Durchmesser über 2 Zolle erforderlich, wenn anders die Figur als Kreis soll erkannt werden.

Hinter den Leistungen des Auges, welches z. B. die Flächen eines Sandkornes deutlich wahrnimmt, steht das Getast weit zurück. Bei Blinden ist übrigens der Sinn viel entwickelter; begabte Künstler unter ihnen sind z. B. im Stande, die betasteten Gesichtszüge eines Menschen in Bildnerarbeit treu wiederzugeben.

327. Zeitliche Momente.

Nach Beseitigung von Tastobjekten, welche längere Zeit mit der Haut in Berührung waren, z. B. Ringe, Brillen, können deutliche Nachempfindungen und zwar selbst Tage lang fortbestehen.

Ungleich merkwürdiger ist die Summirung der Nachwirkungen sehr kurzer Tasteindrücke zu einer Gesammtempfindung. Valentin bediente sich hierzu einer drehbaren runden Scheibe, deren Rand mit einer Anzahl gleich grosser und gleich weit von einander abstehender Zähne versehen war. Beim Drehen der Scheibe bekommt die Haut zwei, regelmässig abwechselnde und deutlich ungleiche Tastempfindungen der Berührung und der Pause. Es konnten in der Sekunde etwa 640 Einzeleindrücke als gesondert wahrgenommen werden. Wurde aber die Scheibe schneller gedreht, so entstanden Empfindungen, die minder ungleich waren; Valentin bezeichnet sie successiv als rauh, wollig u. s. w. Sehr schnelle Drehungen dagegen bedingten durchaus gleichförmige Empfindungen, die als glatt oder in den höheren Graden als polirt bezeichnet werden konnten.

Diese Gleichförmigkeit kommt früher an Hautbezirken mit dünnerer Epidermis oder geringerem Ortssinn vor; namentlich auch an erkälteten oder mit gewissen Stoffen, z. B. verdünntem Weingeist, eingeriebenen Hautstellen.

328. Projection der Tastempfindungen nach Aussen.

Die Tastempfindungen haben wir an der Oberfläche des Körpers, also da, wo die betreffenden Nerven von den Tastobjekten selbst erregt werden. Unter Umständen aber verlegen wir auch diese Empfindungen nach Aussen und zwar:

1) In nervenlose Theile, welche mit der tastenden Fläche in Berührung stehen.

Die Haare leiten Bewegungen, die ihnen mitgetheilt werden, bis zu den empfindlichen Hautstellen, aus denen sie hervorwachsen. Die dadurch bedingten Empfindungen werden aber deutlich verlegt in die, an sich unempfindlichen Haare. Aehnlich verhält es sich mit den Nägeln und Zahnkronen.

Oder 2) wir verlegen die Empfindungen an das Ende eines mit der Haut in Berührung kommenden fremden Körpers.

Stemmt man z. B. ein Stäbchen mittelst eines Fingers, der auf das obere Ende des Stäbchens gesetzt wird, gegen einen Tisch, so entstehen, namentlich wenn der Finger kleine Bewegungen vollführt, zwei Empfindungen, und zwar die eine da, wo der Finger das Stäbchen berührt, die zweite am unteren Ende

des Stäbchens; wir fühlen also mit vollkommener Deutlichkeit den Tisch selbst. Darauf beruht die Anwendung der Sonde in der Medicin.

329. Täuschungen des Raumsinnes.

Streicht man die Spitzen eines geöffneten Zirkels mit einer gewissen Geschwindigkeit über eine längere Hautstrecke, so scheinen die Spitzen immer mehr auseinander zu weichen, wenn sie successiv in Bezirke feineren Raumsinnes übergehen (z. B. vom Ohrläppchen gegen die Lippen). Wird aber der Zirkel in umgekehrter Richtung bewegt, so haben wir die Empfindung, als ob die Abstände beider Spitzen immer mehr abnähmen.

Ein von Tourtual beobachteter Blinder betastete einen einfachen Körper, z. B. eine Kugel, mit verschieden langen Stäben, indem er mittelst derselben die Peripherie des Körpers umging. Bei langen Stäben ist aber der Winkel viel kleiner, den die obere Extremität zu beschreiben hat, um den Umfang der Kugel zu umgehen; letztere kam alsdann dem Blinden kleiner vor.

Jedem bekannt ist ein Fall von Doppelfühlen: kreuzt man zwei Finger und rollt zwischen denselben eine kleine Kugel, so erscheint diese deutlich doppelt. Bei der gewöhnlichen Lage der Finger haben wir das Gefühl zweier, mit ihren Concavitäten einander zugewandten Kugelsegmente, die wir zu einer einzigen Kugel ergänzen. Bei der Kreuzung aber werden die beiden Kugelflächen betastet von zwei, sonst von einander abgewandten Seiten der Finger; man fühlt zwei Kugelflächen, deren Convexitäten einander zugekehrt sind, und kann diese Empfindungen nicht zu einer einzigen verschmelzen.

Drücken wir einen Stab zugleich an die Ober- und Unterlippe, so erscheint er uns natürlich gerade; verschieben wir aber eine Lippe seitlich, oder noch besser beide in entgegengesetztem Sinne, so kommt uns der Stab gebrochen vor (Czermak). Diese Täuschung verschwindet sogleich, wenn man den Versuch vor dem Spiegel anstellt.

Besonders merkwürdig sind die Empfindungen auf transplantirten Hautlappen, die namentlich bei Gelegenheit rhinoplastischer Operationen von Dieffenbach, J. Müller und Busch untersucht worden sind. Die verloren gegangene Nase wird aus der Stirnhaut gebildet und zwar so, dass Anfangs noch eine Hautbrücke an der Nasenwurzel gelassen wird. Enthält diese Brücke noch undurchschnittene Nervenfädchen (Zweigchen des Ramus supratrochlearis oder der Rami frontales des Stirnastes des N. trigeminus), so verlegt der Kranke alle Eindrücke, welche die neue Nase treffen, an den früheren Ort in die Stirn. In einzelnen Fällen bestand diese Täuschung selbst mehrere Monate hindurch nach der Operation. Es ist nicht angegeben, ob sie corrigirbar ist durch den Gesichtssinn.

Fehlt, was fast immer der Fall ist, die Nervenbrücke, so hat der Kranke natürlich keine Empfindung in seiner neuen Nase. Erst nach einigen Monaten stellt sich von den Wundrändern aus die Empfindung und zwar mit richtiger Localisation nach und nach ein, offenbar dadurch, dass von der Wangenhaut (vom N. infraorbitalis) aus Nerven durch die Narbe wachsen und die neue Nase mit Zweigchen versehen (Busch).

Druckfehler und Verbesserungen.

§. 38, Zeile 17 von unten, statt „Höhen-Temperatur" l. „höhere Temperatur".
§. 95, Zeile 8 von unten, statt „verrichtet" l. „vernichtet".
§. 97, Zeile 8 von unten, statt „Coiin" l. Coniin".
§. 104, letzte Zeile, statt „wie" l. „von".
§. 139, Zeile 8 u. 12 von oben, statt „Nährung" l. „Näherung".
§. 142, Zeile 13 von oben, nach „liegen" kein Komma.
§. 142, Zeile 14 von oben, statt „Graden" l. „Geraden".
§. 150, Zeile 8 von unten, statt „Vorkammer" l. „Kammer".
§. 259, die Anmerkung (5 Zeilen) unmittelbar unter der Tabelle ist zu streichen.
§. 263, Zeile 9 von oben, statt „Meistens" l. „Ausserdem".
§. 265, Tabelle, Columne 9—10, statt 6,716 l. 0,716.
§. 266, Zeile 5 von unten, statt „60%" l. „30%".
§. 274, Zeile 17 von unten, statt „Weise" l. „Lebensweise".

330. Schätzung des Druckes.

Die Drucke, welche äussere Objekte auf uns ausüben, schätzen wir entweder direkt, mittelst specifischer Tastempfindungen (Druckgefühle), oder indirekt, mit Hülfe von Muskelgefühlen. Wir erschliessen nämlich die Grösse des Druckes (Gewichts) aus der Muskelanstrengung, die gemacht werden muss, um dem Objekt Widerstand zu leisten, oder um dasselbe zu heben.

Mit denselben Hülfsmitteln nehmen wir auch Druckunterschiede wahr. Man beschwert z. B. beide, auf einer Unterlage ruhenden Hände mit Gewichten, oder noch besser, man legt zwei Gewichte nach einander auf die Hand. E. H. Weber konnte in letzterem Fall nach $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Minute $14\frac{1}{2}$ Unzen von 15 noch unterscheiden. Etwas feiner sind die Leistungen des Muskelgefühls; die Gewichte werden auf die Hand gelegt, während wir zugleich Bewegungen mit der Hand vollführen.

Der Drucksinn zeigt, zum wesentlichen Unterschied vom Raumsinn, in allen Theilen der Haut nahezu dieselbe Feinheit.

331. Temperaturempfindungen.

Nur innerhalb ziemlich enger Grenzen haben wir wirkliche Temperaturempfindungen, jenseits derselben dagegen Schmerzen. Die obere Grenze der Wärmesensationen liegt etwa bei + 47° C., die untere der Kältesensationen nach der gewöhnlichen Angabe schon (?) bei + 10° C. Jedenfalls können Gewohnheit und andere Einflüsse diese Grenzen etwas erweitern.

Die Temperaturempfindungen sind die Folge 1) von einfachen Temperaturveränderungen der Haut oder 2) von stärkeren Wärmetransmissionen der Haut.

1) Temperaturveränderungen der Haut. Kommt ein Körper, welcher dieselbe Temperatur besitzt wie die Haut, mit dieser in Berührung, so erscheint er uns weder warm noch kalt; dieses ist aber sogleich der Fall, wenn der Körper unsere Haut durch Zuleitung von Wärme höher temperirt, oder wenn er sie, durch Wärmeentziehung, abkühlt. Beides muss übrigens mit einer gewissen Geschwindigkeit erfolgen. Während dieser Temperaturänderungen fühlen wir Kälte oder Wärme.

2) Wärmetransmissionen der Haut. Ist ein Beharrungszustand eingetreten, verliert also die Haut z. B. soviel Wärme als ihr in gleicher Zeit von innen her zugeführt wird, mit andern Worten: bleibt die Temperatur der Haut constant, so haben wir keine oder nur sehr schwache Temperaturempfindungen, wie denn bekanntermassen die verschieden temperirte Haut der Wangen, Hände, Füsse u. s. w. in uns gewöhnlich keine Temperatursensationen erweckt. Sind aber die in einer bestimmten Zeit abgegebenen oder von Aussen aufgenommenen Wärmemengen verhältnissmässig bedeutend, dann haben wir allerdings anhaltend das Gefühl von Kälte oder von Hitze.

Wir haben demnach objektive Temperaturgefühle nicht bloss bei Veränderungen der Hauttemperatur, sondern auch, was so häufig verkannt wird, beim Durchgang bedeutenderer Wärmemengen durch die Haut.

Nach E. H. Weber sind Temperaturunterschiede von $^1/_5$—$^1/_6$° R. bei sehr grosser Aufmerksamkeit noch erkennbar. Am bevorzugtesten sind hier die Zungenspitze, Gesichtshaut und Finger; die einzelnen Hautstellen unterscheiden sich übrigens in der Feinheit des Temperatursinnes bei weitem nicht in dem Grade, wie bezüglich des Raumsinnes.

E. H. Weber stellte diese Vergleichungen entweder gleichzeitig an (z. B. durch Eintauchen beider Hände in die respectiven, nahezu gleich temperirten Flüssigkeiten) oder nach einander (indem er dieselbe Hand abwechselnd in die beiden Flüssigkeiten einbrachte). Bei der ersten Methode stören sich die gleichzeitigen Empfindungen etwas; auch fühlt die rechte Hand auffallenderweise etwas wärmer als die linke. Bei der zweiten Methode sind dagegen Abkühlungsfehler kaum vermeidbar; um wenigstens die Verdunstungsabkühlung zu umgehen, würde dem Quecksilber der Vorzug vor dem Wasser zu geben sein.

Tauchen wir die Haut in Wasser von einigen 50°, so ist unsere Fähigkeit, Temperaturen wahrzunehmen, vorübergehend beeinträchtigt.

332. Temperaturtäuschungen.

Ist eine Hautstelle durch Eintauchen in nieder temperirtes Wasser, z. B. von 10°, abgekühlt worden, so empfinden wir beim Einbringen derselben in Wasser von z. B. 16°, Wärme einige Sekunden hindurch, d. h. so lange, als die Hauttemperatur zunimmt; dann erst folgt anhaltendes Kältegefühl. Die jeweilige Temperatur der Haut veranlasst also falsche Beurtheilungen der objektiven Temperatur.

Schnell erfolgende Temperaturänderungen der Haut veranlassen intensivere Empfindungen. Kalte Körper z. B., welche die Wärme gut leiten, wie Metalle, halten wir für viel kälter als andere gleichkalte, welche, wie z. B. Holz, schlechte Wärmeleiter sind.

Kleinere Hautstrecken veranlassen schwächere Temperatureindrücke als grössere. Taucht man z. B. einen Finger in Wasser von 32° R., die ganze Hand dagegen in solches von $29^1/_2$°, so erscheint letzteres gleichwohl wärmer (E. H. Weber).

333. Gegenseitige Berührung zweier Tastorgane.

Kommt eine Hautstelle in Berührung mit einer anderen gleichwarmen, so erlangt die mit feinerem Raumsinn begabte das Uebergewicht, d. h. sie tastet die minder bevorzugte Stelle. Der Finger z. B. fühlt die Stirn; die reciproke Tastempfindung der Stirn fällt dagegen aus. Umgekehrt aber verhält es sich: 1) wenn die feiner tastende Stelle schnell bewegt wird über eine längere Strecke der minder bevorzugten, und wahrscheinlich 2) wenn die letztere bewegt, die feiner tastende aber ruhig gehalten wird.

Bringen wir zwei Hautbezirke, die verschieden temperirt sind, in Berührung, so entstehen bloss 2 Empfindungen: a fühlt b, während b die Wärme von a empfindet (E. H. Weber). Legt man z. B. die Hand auf die Stirn, so empfindet die

Stirn die Wärme der Hand, die Hand aber fühlt die Stirn. Dagegen fallen aus: das Fühlen der Hand durch die Stirn und die Empfindung der Kälte der Stirn durch die Hand. Zur durchgreifenden Erklärung sind die Versuche noch nicht gehörig variirt; in dem ausgebildeten Raumsinn der Hand gegenüber der Haut liegt jedenfalls ein Erklärungsgrund.

Reizung der dem Temperatur- und Drucksinn dienenden Nerven in ihrem Verlauf durch objektive Temperaturen und Drücke vermitteln keine entsprechenden Empfindungen, sondern Schmerzen. Nach Zerstörung einer Hautstelle sind Temperatursensationen nicht mehr möglich. Es dürften demnach besondere Vorrichtungen vorhanden sein für die regelrechte Zuleitung der Drücke und Temperaturen zur Peripherie der sensibeln Nerven. Organe der Temperatur- und Tastempfindungen sind aber noch nicht bekannt. Die speciellen Leistungen der Epidermis, der Hautpapillen (viele derselben sind sogar nervenlos), der von Meissner und Wagner beschriebenen sog. Tastkörperchen und der, mit letztern verwandten, von W. Krause entdeckten kolbenförmigen Endkörperchen sensibeler Nerven sind unbekannt. Schon das auf bestimmte Cutis- und Schleimhautstellen beschränkte Vorkommen dieser Specialgebilde erlaubt keine über das bloss Hypothetische hinausgehende, Vorstellungen über deren physiologische Beziehungen.

XIX. Hören.

334. Vorbemerkungen.

Viele Erschütterungen, welche das Gleichgewicht der Körper vorübergehend aufheben, veranlassen, wenn sie dem Hörnerven mitgetheilt werden, Hörempfindungen. Befähigt zu solchen Erschütterungen sind Körper von allen drei Aggregatzuständen, also Wasser und Luft (die Medien, in welchen Thiere leben und aus welchen sie hören) und viele feste Körper, insofern sie die erforderlichen elastischen Eigenschaften besitzen. Man kann zwei Hauptformen von Hörempfindungen unterscheiden, denen bestimmte Zustände der Schallquellen selbst entsprechen.

1) Töne: die Folgen regelmässig wiederkehrender, relativ einfacher Bewegungen der Schallquellen, mit andern Worten periodisch auf einander folgender Stösse. 2) Geräusche: Bewegungen von complicirterer Natur; wir wollen sie vorerst kurz als Stösse bezeichnen, die unregelmässig und nach keinem bestimmten Periodicitätsgesetz auf einander folgen. Die Schalle (Knalle) sind charakterisirt durch eine plötzliche, schnell vorübergehende Erschütterung, der keine oder nur unmerklich schwache, secundären Erschütterungen nachfolgen.

Die wesentlichsten Theile des akustischen Apparates sind der Hörnerve sammt den, bis jetzt unbekannten Centren des Sinnes im Gehirn. Sie vermitteln die specifischen Schallempfindungen. Die accessorischen Theile (äusseres und mittleres Ohr, sowie die nicht-nervösen Bestandtheile des inneren Ohres) dienen als Zuleitungsapparate des Schalles überhaupt, sowie als Verstärkungs- oder Dämpfungsmittel der Schalle insbesondere.

A. Grundformen der Tonschwingungen.

335. Fortschreitende Schwingung der Lufttheilchen.

Wirkt ein Stoss auf eine Luftmasse, so kommt diese, wegen der Elasticität der Theilchen, nicht gleichzeitig in Bewegung, sondern die Wirkung des Stosses pflanzt sich von Schicht zu Schicht mit endlicher Geschwindigkeit weiter, mit einem Wort: es schreitet eine Welle durch die Luftmasse. Die Propagation der Schallwellen erfolgt nach denselben Grundnormen in allen Medien; wir beschränken uns zunächst auf die Schallwellen der Luft.

Im Ruhezustand zeigen die Lufttheilchen I, II, III u. s. w. (oberste, von rechts nach links gezogene Linie A, Fig. 62) gleiche Abstände von einander. Diese gegenseitigen Abstände werden aber verändert beim Durchgang einer Welle. Wir zerlegen, wie bei den Pulswellen (167) den, die Luft treffenden Stoss in eine beliebige Zahl Einzelstösse von gleicher Dauer, aber anfangs zunehmender, dann abnehmender Stärke (Geschwindigkeit), der Einfachheit wegen bloss in 3.



Fig. 62.

Moment 1: (Fig. 62, horizontale Linie 1.) Erster Stoss vorwärts, Theilchen I ist in der ersten Phase der Vorwärtsbewegung mit der relativen Geschwindigkeit 1; alle übrigen Theilchen sind noch ruhig (die Geschwindigkeiten sind in Fig. 62 durch entsprechende Zahlen ausgedrückt). *Moment 2* (Linie 2). Zweiter stärkerer Stoss. Theilchen I erhält in dieser, seiner zweiten Phase, die (Maximal-) Geschwindigkeit 3; Theilchen II kommt, mit Geschwindigkeit 1, in seine erste Phase; alle übrigen Theilchen III u. s. w. sind noch ruhig. *Moment 3:* dritter, wiederum schwächerer Stoss, von der Stärke des ersten. I in seiner dritten Phase hat die Geschwindigkeit 1, II die Maximalgeschwindigkeit 3, III die Geschwindigkeit 1 der ersten Phase; IV u. s. w. sind noch ruhig. Im Moment 3 sind also die Theilchen (Luftschichten) I, II u. III verdichtet, d. h. in der sog. positiven Phase; das Verdichtungsmaximum ist in dem, am weitesten aus seiner Ruhelage vorwärtsgerückten Theilchen I, das Geschwindigkeitsmaximum aber in II.

Der Stoss soll bewirkt worden sein etwa durch schnelles Vorwärtsbewegen eines Kolbens gegen eine, in einer Röhre eingeschlossene Luftsäule. Vom vierten Moment an soll der Kolben wieder zurückgehen und zwar ebenfalls anfangs mit wachsender, dann mit abnehmender Geschwindigkeit; am Ende des Rückganges stehe der Kolben an seinem früheren Ort. *Moment 4* (Horizontallinie 4 Fig. 62): Erste negative Phase, d. h. Rückwärtsbewegung von Theilchen I mit Geschwin-

digkeit 1; letzte positive Phase von II; zweite positive Phase (Maximalgeschwindigkeit vorwärts) von III; erste positive Phase von IV. .... *Moment 6* (Linie 6); Letzte negative Phase von I, Maximum der Rückwärtsbewegung von II, erste negative Phase von III, dagegen der Reihe nach dritte, zweite und erste positive Phase der Theilchen IV, V und VI; VII ist noch ruhig.

Die Bewegung hat sich also, während Theilchen I einen Hin- und Hergang (ganze Schwingung) vollbrachte, fortgepflanzt durch die Strecke I bis VI; diese Strecke stellt demnach die Wellenlänge dar.

Verbleibt es bei einem einzigen Stoss, so verharren die Theilchen, nachdem jedes eine Schwingung vollendet hat, ruhig, während successive immer entferntere Schichten an der Bewegung theilnehmen; daher die Bezeichnung: fortschreitende Schwingung (eigentliche Wellenbewegung).

336. Verdichtungs- und Beugungswellen.

I) Bei den, im vorigen Paragraphen betrachteten Schallschwingungen der Luft finden kleine Näherungen und Entfernungen der Massentheilchen, also Verdichtungen und Verdünnungen des schwingenden Körpers statt; daher der Name: Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Solche können auch in festen Körpern vorkommen, vorausgesetzt dass dieselben die gehörige Elasticität haben. Die schwingenden Theilchen bewegen sich in der Richtung, in welcher die Welle im schwingenden Medium fortgepflanzt wird, daher die von Chladni gebrauchte Bezeichnung Längswellen (Längsschwingungen).

II) Bei den Beugungswellen finden bloss Verschiebungen der Theilchen statt; die gegenseitigen Abstände der Theilchen bleiben sich gleich. Die Dichtigkeit des schwingenden Mediums wird also nicht verändert und der Stoss, wenn er sich fortpflanzt, bewirkt bloss eine Ausbeugung des Körpers. Das anschaulichste Schema dieser Wellen ist folgendes; ein unausdehnbarer aber leicht biegsamer Faden sei befestigt mit dem einen Ende, mit dem anderen aber über eine Rolle gespannt. Wird der Faden an irgend einer Stelle gestossen, so entsteht eine entsprechende Ausbeugung; der Faden aber ist vollkommen unausdehnbar, also muss sich ein der Ausbeugung entsprechender Theil des Fadens über die Rolle heraufziehen. Die Ausbeugung schreitet aber weiter, d. h. der Faden nimmt successiv andere Formen an; die Theilchen des Fadens schwingen in einer zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen senkrechten Richtung; daher der Name Transversalwellen.

III) Sehr häufig bestehen die Tonschwingungen fester Körper in Verdichtungs- und Beugungswellen zugleich: der schwingende Körper ändert seine Form und seine Massentheilchen ihre proportionalen Abstände.

337. Graphische Versinnlichung der Tonschwingungen.

Man repräsentirt die Phasen der Bewegung, welche ein Theilchen im Verlauf einer Schwingung allmälig durchmacht, in folgender einfachen Weise. Die Kreislinie, Fig. 63, drückt die Zeitdauer einer ganzen Schwingung aus, 1 Grad

also $\frac{1}{360}$ der Schwingungszeit. Quadrant I, als erstes Viertel der Schwingungszeit, stellt die Phase successiver wachsender, II die Phase successiv abnehmender Vorwärtsbewegung dar; III die Phase wachsender, IV diejenige abnehmender Rückwärtsbewegung. Die von einem beliebigen Punkt der Kreislinie auf die Horizontale 4—2 errichtete Senkrechte drückt die relative Geschwindigkeit aus in dem entsprechenden Augenblick der Schwingung und zwar die Senkrechten über der Horizontalen die Vorwärtsgeschwindigkeiten, die Senkrechten unter der Horizontalen die Rückwärtsgeschwindigkeiten. Also ist in 4 die Geschwindigkeit Null; in 1 (¼ der ganzen Schwingungszeit) im Maximum vorwärts; in 2 Null, in 3 im Maximum rückwärts; nach vollendetem erstem Achtel der Schwingungszeit ist die Geschwindigkeit ausgedrückt durch die Senkrechte a, u. s. w.

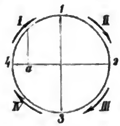


Fig. 63.

Für viele andere Zwecke repräsentirt man die Dauer einer Schwingung durch die Horizontale a c (Fig. 64) von beliebiger Länge, theilt diese in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, und trägt die Geschwindigkeiten aus Fig. 63 auf a c. Verbindet man die Geschwindigkeiten, so erhält man eine Curve, welche wiederum für jedes Zeitmoment der Schwingung Richtung und Stärke der Bewegung des schwingenden Lufttheilchens, mit andern Worten, den Grad der Verdauung oder Verdünnung angibt. Die Curve über a c stellt die positive, die unter a c die negative Phase einer ganzen Schwingung dar.

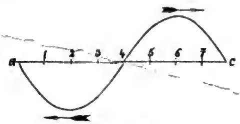


Fig. 64.

338. Erste Art der stehenden Schwingung.

Bei der fortschreitenden Schwingung wird den Theilchen die Bewegung nur von einer Seite, von wo aus die Wellen herkommen, mitgetheilt; anders verhält es sich bei der zweiten Hauptform von Schwingungen, der von W. und E. H. Weber sogenannten stehenden Schwingung (Oscillatio fixa). Wird z. B. eine Saite aus ihrer Ruhelage a a, Fig. 65, in die Lage b gebracht und dann losgelassen, so bewegt sie sich der Gleichgewichtslage zu, erreicht in letzterer angekommen das Maximum der Geschwindigkeit und schwingt dann mit abnehmender Schnelligkeit weiter, um von der Lage c an, wo ihre Bewegung Null wird, wieder nach b zurück zu gehen u. s. w. Dabei nehmen die Elongationen von dem mittleren Theil der Saite gegen die beiden Befestigungspunkte hin successiv ab. Die Saite bietet die Grundcharaktere der stehenden Schwingung, nämlich: 1) die Schwingungen kehren regelmässig wieder und 2) alle Theilchen der Masse haben gleichzeitig ein gleichgrosses Bestreben, sich ihrer Ruhelage abwechselnd zu nähern und aus derselben zu entfernen. Diese Schwingungen der Saite zeigen aber auch Unterschiede von

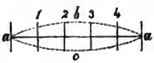


Fig. 65.

anderen stehenden Schwingungen; nämlich 1) alle Theilchen 1, 2, 3 u. s. w. der schwingenden Masse befinden sich gleichzeitig entweder auf der einen, oder der andern Seite der Gleichgewichtslage, 2) sie kommen gleichzeitig in Schwingung und erreichen 3) gleichzeitig das Maximum ihrer Geschwindigkeit u. s. w., überhaupt alle Theilchen der Masse befinden sich zu jeder Zeit der Schwingung in derselben Schwingungsphase.

339. Zweite Art der stehenden Schwingung.

Eine zweite Bildungsweise stehender Schwingungen ist die, dass die Wellen, an der Grenze des Mediums angelangt, zurückgeworfen werden, während das Medium immer wieder von neuen, direkt erregten Wellen durchzogen wird.

Eine eingeschlossene Luftsäule werde von ihrem einen Ende aus in Schwingungen versetzt, z. B. durch schnelle Bewegungen eines Kolbens von a aus, Figur 66, in der Richtung gegen A und wieder zurück. Am Ende der ersten Kolbenbewegung (also eines verdichtenden und verdünnenden Stosses) sei die Wirkung fortgepflanzt durch Raum III, der somit die Wellenlänge darstellt; der Vordertheil der Welle ist, wie die Figur andeutet, eine Verdichtungswelle, der Hintertheil eine Verdünnungswelle. Sogleich nach Beendigung des ersten Stosses folge ein genau gleicher zweiter u. s. w. Am Ende des dritten Stosses ist der Vordertheil der Welle 1 (die erregt wurde während des ersten Stosses) angelangt an der reflektirenden Wand 1; die Welle muss demnach im Verlauf des vierten Stosses zurückgeworfen werden und am Ende des letzteren genau den Raum III wieder einnehmen. Die direkten Wellen sind in der Figur ausgezeichnet, die reflektirten punktirt gegeben. Am Ende des sechsten Stosses ist die reflektirte Welle 1 zurückgelangt in Raum I, wo sie sich mit der direkten Welle 6 kreuzt; in II kreuzen sich die reflektirte 2 und die

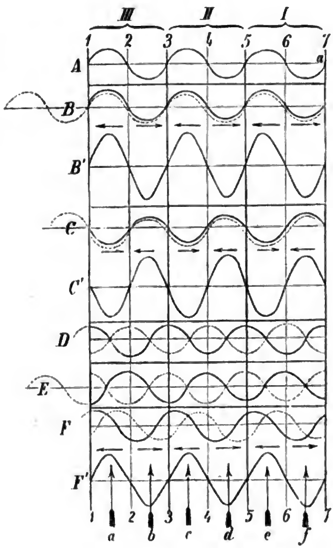


Fig. 66.

direkte 5, in III die reflektirte 3 und direkte 4. Ein analoger Zustand ist vorhanden am Ende des 7. und 8. und aller folgenden Stösse. Beide Wellensysteme gehen demnach, als in entgegengesetzten Richtungen fortschreitende Wellen, durch einander hindurch ohne sich zu stören. Diese beständige Kreuzung der reflektirten und der direkt erregten Wellen bewirkt aber eine resultirende Schwingungsform, nämlich eine Verwandlung der fortschreitenden Schwingung in eine stehende.

Wir haben im Folgenden den Verlauf einer stehenden Schwingung näher zu erörtern; die Hauptpunkte, um die es sich handelt, sind: 1) die wechselnden Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten (340) und 2) die abwechselnden Dichtigkeitsänderungen (342) der Theilchen und zwar an jeder beliebigen Stelle des schwingenden Mediums und in jedem beliebigen Zeitmoment einer Schwingung.

340. Bewegungsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Zur deutlichen Bezeichnung des jeweiligen Zeitpunktes der Schwingung ist in Fg. 66 das Wellenstück, welches im Verlauf des Stosses (der Schwingung) bereits reflektirt worden ist, auch links von der Wand 11, als fortgeschrittene direkte Welle, punktirt dargestellt. Bezüglich der Construktion der zurückgeworfenen Wellen ist nur festzuhalten, dass die Theilchen nach der Zurückwerfung eine Richtung haben entgegengesetzt der Richtung vor ihrem Anprallen auf die Wand 1; die Berge (Vorwärtsbewegungen) werden demnach Thäler (Rückwärtsbewegungen) und umgekehrt; das erste Drittel eines Berges ist, um Richtung und Geschwindigkeiten der reflektirten Theilchen anzugeben, graphisch einzuzeichnen als letztes Drittel eines Thales.

Die Hauptwendepunkte einer stehenden Schwingung (einfacher Art) sind Anfang (resp. Ende), vollendetes erstes, zweites und drittes Viertel einer Schwingungsdauer.

In der Mitte eines Stosses ist (Figur 66 C) ein Wellenberg eben vollständig reflektirt; er legt sich in der linken Hälfte des Raumes III über das, noch nicht reflektirte, Thal derselben Welle. In beiden Systemen haben die Theilchen nicht bloss dieselbe Bewegungsrichtung (Entfernung von der Wand 1), sondern es haben auch jeweils die über einander liegenden Punkte beider Wellenabschnitte dieselben Geschwindigkeiten; die Geschwindigkeiten addiren sich desshalb zur doppelten Rückwärtsgeschwindigkeit. Die resultirende Schwingungsform in diesem Moment ist dargestellt in C'. Die linken Hälften der Räume II und I bieten denselben Bewegungszustand, d. h. vollständige Deckungen von gleichtiefen Thälern. In den rechten Hälften von III, II und I dagegen decken sich je die Berge; daher als Resultirende doppelt so grosse Berge (doppelte Vorwärtsgeschwindigkeiten).

Nach Ablauf, resp. im Beginn, einer Schwingung legen sich, wie B zeigt, beide Wellensysteme wiederum mit je ihren gleichnamigen Theilen über

einander, aber mit dem Unterschied, dass das, was nach ½ Schwingung in der rechten Hälfte der Räume I, II, III geschah, nunmehr in der linken Hälfte dieser Räume erfolgt, und umgekehrt, wie die Vergleichung der jetzigen resultirenden Schwingungsform B' mit der früheren C' ergiebt.

Am Ende des ersten Zeitviertels eines Stosses ist die Vorderhälfte eines Berges reflektirt, also verwandelt in die Hinterhälfte eines Thales. Die reflektirte Welle, s. D, nimmt demnach ¼ des Raumes III ein. In derselben Zeit sind aber auch die, während der vorhergegangenen Stösse reflektirten Wellen nach rechts um ¼ Wellenlänge fortgeschritten, und um den gleichen Raum die direkten Wellen nach links. Es legen sich also genau die Berge der directen Wellen über die Thäler der reflektirten, und umgekehrt. Die Bewegung hört demnach in diesem Moment auf und zwar in der ganzen schwingenden Luftsäule.

Analoge Verhältnisse kehren wieder, wie E zeigt, nach drei Viertheilen eines Stosses, nur mit dem Unterschiede, dass die Berge und Thäler der direkten und reflektirten Wellen ihre Stellungen gewechselt haben.

Es reicht hin, wenn bloss noch irgend ein Zeitmoment ausser diesen 4 Wendepunkten hervorgehoben wird; z. B. das vollendete erste Achtel eines Stosses. Dann ist, s. F, ¼ eines Berges seit Beginn des Stosses zurückgeworfen; die resultirende Schwingungsform ist in F' verzeichet. Die Curve muss offenbar zwischen dem Anfang B' (Maximalbewegung) und dem Ende des ersten Viertels (Bewegung Null) liegen, d. h. die Theilchen haben geringere Geschwindigkeiten, die Curven sind also minder hoch als in B'.

341. Knoten und Bäuche der stehenden Schwingungen.

Die Figur 66 zeigt, dass es in den, in stehenden Tonschwingungen (der zweiten Art) begriffenen Medien bestimmte Stellen: die sog. Schwingungsknoten gibt, wo die Kreuzung der direkten und reflektirten Wellen so erfolgt, dass die Theilchen daselbst beständig ruhig bleiben. Knoten kommen vor 1) in der, die reflektirende Wand unmittelbar begrenzenden Luftschicht 11, und 2) in allen Schichten, die um ½, 1, 1½ u. s. w. Wellenlängen von der Wand entfernt liegen (die mit 2, 3, 4, 5 u. s. w. der Wand parallelen, Linien von Fig. 66). Die Knoten stehen also unter sich um je ½ Wellenlänge ab.

Jedes ausserhalb der Knoten liegende Theilchen participirt dagegen an der stehenden Schwingung in der Art, dass es sich bewegt und zwar während einer Schwingung einmal vorwärts und zurück. Gehen wir z. B. für irgend ein Lufttheilchen der linken Hälften von I, II oder III, der Figur 66, aus vom Zeitpunkt (E) der Ruhe, so folgen auf diesen 1) zunehmende Vorwärtsgeschwindigkeiten, 2) das Maximum derselben (B'), 3) abnehmende Vorwärtsgeschwindigkeiten (ein Moment derselben ist dargestellt in F'), 4) Ruhe (D), 5) zunehmende Rückwärtsgeschwindigkeiten, 6) Maximum derselben (C'), 7) abnehmende Rückwärtsgeschwindigkeiten, 8) Ruhe (E).

Am stärksten sind diese Bewegungen genau in der Mitte zwischen zwei Knoten, also in Abständen von ¼, ¾, 5/4 u. s. w. Wellenlängen von der reflek-

tirenden Wand. Diese Stellen (sie liegen in den Verlängerungen der nach aufwärts gerichteten Pfeile a, b, c u. s. w.) heissen Bäuche. Die Bewegung der Theilchen nimmt von einem Bauch gegen die nächsten Knoten beiderseits, successiv ab, wie B′, C′, F′ zeigen; jeder Knoten trennt also zwei (je ½ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen.

342. Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Die Knoten 2, 3, 4 u. s. w. Figur 66, trennen beständig je zwei (je ½ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen in entgegengesetzten Bewegungen begriffen sind. Die Pfeile, deren Spitzen die Bewegungsrichtungen andeuten, können das Folgende noch anschaulicher machen. Bewegen sich die Theilchen beiderseits einem Knoten zu, z. B. gegen 4 in Reihe C′, so wird die Luft um 4 zunehmend verdichtet und das Maximum der Verdichtung ist vorhanden, wenn die symmetrischen Theilchen zu beiden Seiten des Knoten sich einander am meisten genähert haben. Während die Theilchen in der linken Hälfte des Raumes II (Reihe C′) sich gegen den Knoten 4 bewegen, entfernen sie sich zugleich vom Knoten 3; dasselbe gilt von den in der rechten Hälfte des Raumes 3 befindlichen Theilchen. Durch diese Entfernungen wird die Luft im Knoten 3 verdünnt; für die Verdünnungszunahmen kehren dieselben Normen wieder wie für die Verdichtungszunahmen.

Aus dem so eben Gesagten geht hervor, dass je 2 benachbarte Bäuche eine (½ Wellenlänge lange) Luftschicht einschliessen, in welcher die Theilchen entweder 1) einander entgegengehen, also sich verdichten, oder 2) sich von einander entfernen, also sich verdünnen. Aus diesen Wechselzuständen folgt aber unmittelbar, dass an den Bäuchen selbst keine Dichtigkeitsänderungen möglich sind, die Excursionen der Theilchen finden hier den geringsten Widerstand, die Theilchen sind desshalb hier in stärksten Hin- und Herbewegungen begriffen. Dagegen nehmen rechts nnd links von einem Bauch die Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer Schwingung immer mehr zu, um im Knoten das Maximum zu zeigen.

Jedes, ausserhalb der Bäuche gelegene Theilchen wird im Verlauf einer Schwingung einmal verdichtet und einmal verdünnt, wie folgende Ueberlegung zeigt. Zustand E, Fg. 66, sei der Anfang der Schwingung; im nächsten Moment entfernen sich die Theilchen beiderseits, also mit entgegengesetzten Richtungen, vom Knoten 4. Nach ¼ Schwingungszeit ist Zustand A erreicht; dieser geht (durch F) über in D, nunmehr (nach ½ Schwingungsdauer) haben sich die symmetrischen Theilchen rechts und links am stärksten entfernt von Knoten 4, derselbe ist also im Maximum der Verdünnung. Im Verlauf des dritten Viertels gehen die Theilchen wieder zurück gegen den Knoten, die Verdichtung beginnt. Nach ¾ Schwingunsdauer ist Zustand C erreicht; das Maximum der Verdichtung aber ist vorhanden am Ende der Schwingung, also in E. Je 2 benachbarte

Knoten, oder allgemein, je 2 um ½ Wellenlänge abstehende Punkte des Mediums sind demnach gleichzeitig in entgegengesetzten Dichtigkeitszuständen begriffen. Auch sieht man leicht, dass die Dichtigkeitsänderungen, welche ein Theilchen durchmacht im Verlauf einer Schwingung, wegen der beständigen Kreuzung je zweier Wellensysteme das Doppelte betragen muss von der Dichtigkeitsänderung, die mit dem Durchgang bloss eines Wellensystems verbunden ist.

B. Haupteigenschaften des Tones.

343. Tonhöhe.

Dieselbe hängt ausschliesslich ab von der Anzahl der, vom tönenden Körper in der Zeiteinheit vollbrachten Schwingungen. Der tiefste noch hörbare Ton macht 16 (ganze) Schwingungen in der Secunde. Die Musik bezeichnet ihn mit $\underline{\underline{C}}$; sie theilt bekanntlich die ganze Tonleiter in Octaven, so zwar dass die Schwingungszahlen der auf einander folgenden Octavtöne sich verhalten wie 1, 2, 4, 8 u. s. w. Die Bezeichnungen der Octaven, sowie die Schwingungszahl und Wellenlänge des Grundtones jeder Octave giebt folgende Tabelle:

Name der Oktave.	Zeichen	Schwingungen in 1 Secunde	Wellenlänge
	der Grundtöne der Oktaven.		
Erste Oktave	$\underline{\underline{C}}$	16	64 par. Fusse.
Contraoktave	$\underline{C}$	32	32 »
Grosse Octave	C	64	16 »
Kleine »	c	128	8 »
1 gestrichene »	$\overline{c}$	256	4 »
2 gestrichene »	$\overline{\overline{c}}$	512	2 »
3 gestrichene »	$\overline{\overline{\overline{c}}}$	1024	1 »
4 gestrichene »	$\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$	2048	6 Zolle.
5 gestrichene »	$\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}}$	4096	3 »
6 gestrichene »	$\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}}}$	8192	1½ »
		16384	9 Linien.
		32768	4½ »

Die Töne, sie mögen hoch oder nieder sein, propagiren sich mit derselben Geschwindigkeit; in der Luft mit einer Secundengeschwindigkeit von 1024 par. Fussen.

Während der Zeit einer Schwingung pflanzt sich der Ton fort um seine specielle Wellenlänge; also z. B. C in 1 Secunde um 16, C in derselben Zeit um 32 seiner Wellenlängen. Demnach ist die Wellenlänge von $C = \frac{1024}{16} = 64$ Fusse.

Ueberschreiten die Schwingungen eine gewisse Maximalgrenze, so ist das Ohr nicht mehr fähig, die entsprechenden Töne wahrzunehmen. Diese Grenze variirt übrigens; manche Menschen hören die sehr hohen, mit dem Zirpen gewisser Heuschrecken verbundenen Töne nicht, andere dagegen noch deutlich (Wollaston). Andererseits werden zu langsame Schwingungen, etwa weniger als 16 in der Secunde, nicht mehr als Ton empfunden. Es gibt also für uns „unhörbare Töne." — Obschon periodische Stösse die objektiven Ursachen unserer Tonempfindungen darstellen, so sind doch letztere kontinuirlich und gleichmässig. Eine vielleicht nur scheinbare Ausnahme machen die tiefsten Töne. Letztere sind an der Sirene wenigstens, bis hinauf zu etwa 100 Schwingungen in der Secunde, nicht gleichmässig, sondern man hört dabei noch Luftstösse. Letzteres kann aber auch von kleinen Ungleichheiten in den Bohrungen der Löcher der Sirene abhängen.

344. Intervalle der Töne.

Zwischen dem niedersten, 16 Schwingungen in der Secunde machenden und dem höchsten, in der Musik verwendeten Ton, dessen Schwingungen ungefähr tausendmal zahlreicher erfolgen, liegt eine ungeheure Reihe von Schwingungszahlen (Tonhöhen). Unser Vermögen, Tonhöhen von einander zu unterscheiden, hat aber seine Grenze; Einzelne sollen noch Töne von einander unterscheiden können, deren Schwingungszahlen blos um $\frac{1}{1200}$ differiren; ein musikalisches Gehör unterscheidet leicht $\frac{1}{400}$—$\frac{1}{500}$, die Mehrzahl der Menschen jedenfalls noch $\frac{1}{100}$ Differenz. Die Musik wendet übrigens keine feinen Unterschiede der Tonhöhen an; sie schaltet in den Zwischenraum zwischen je 2 Octavtöne 6 Haupttöne und 5 Nebentöne ein. Die relativen Schwingungszahlen der Haupttöne sind:

c	d	e	f	g	a	h	c
24	27	30	32	36	40	45	48

Das Verhältniss der Schwingungszahlen (sog. Intervall) von einem Hauptton zum andern ist also nicht dasselbe.

Die Musik ist zur richtigen Auswahl ihrer Töne auf empirischem Wege gekommen; ihre Tonleiter stellt nicht etwa etwas Conventionelles dar, sondern die sangbarste Reihe von Tönen, durch welche man vom Grundton aus allmählig zu seiner Octave fortschreiten kann, ohne das Gefühl des Grundtons zu verlieren (Chladni). Die Schwingungszahlen der auf einander folgenden Oktavtöne verhalten sich wie 1 : 2 : 4 : 8 u. s. w. Wir haben dabei die deutlichste Empfindung einer Tonerhöhung, aber die 3. Octave scheint uns von der 2. nur um soviel abzustehen, als die 2. von der ersten (Drobisch). Geht man vom Grundton aus, so entfernen sich für unsere Empfindung die nächsten Töne immer mehr vom Grundton, um von der Quinte an, trotz zunehmender Schwingungszahlen, dem Grundton gewissermassen sich wieder zu nähern. Denkt man sich, mit Lotze, Grundton und Oktave in einer geraden Linie über einander, so steigen die Zwischentöne auf einer Spirale, die um eine Cylinderfläche geht, von jenem zu diesem allmählig empor.

345. Tonstärke.

Die Ton- (Schall-) Stärken, welche innerhalb sehr weiter Grenzen variiren, wachsen mit den Excursionsweiten der in tönenden Schwingungen befindlichen

Theilchen; je nachdem man z. B. eine Saite, ehe man sie schwingen lässt, mehr oder weniger aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt, gibt sie, bei sonst gleicher Tonhöhe, stärkere oder schwächere Töne. Höhere Töne machen übrigens, selbst bei gleichen Excursionsweiten des tönenden Körpers, einen stärkeren Eindruck als tiefere, offenbar desshalb, weil bei jenen derselbe Bewegungseffect in derselben Zeit sich häufiger wiederholt.

Wir können Schälle und Töne von sehr geringer Intensität, gehörige Ruhe der Umgebung und Sammlung der Aufmerksamkeit vorausgesetzt, noch wahrnehmen. Die Deutlichkeit der Empfindung steigt in diesen Fällen mit zunehmendem Horchen. — Das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Tonstärken, für das allmählige An- und Abschwellen der Töne, ist beim musikalischen Gehör ziemlich entwickelt; Versuche mit deutlichen Zahlenresultaten fehlen übrigens noch. Renz und Wolff haben das Gedächtniss für Schallstärken (das ohne Zweifel hinter dem für Tonstärken bedeutend zurücksteht) in der Art untersucht, dass sie dieselbe Schallquelle: eine Taschenuhr, schnell hinter einander in verschiedene Abstände vom Ohr hielten. Die Ausmessung der Abstände vom Ohr ergab die jedesmaligen relativen Schallstärken. Bei zwei, schnell hinter einander gehörten Schallstärken von 100 und 72, konnte unter allen Umständen entschieden werden, welche die stärkere war; während beim Verhältniss 100 und 92 die Zahl der richtigen Urtheile die der falschen nur sehr wenig übertraf. — Bei der Vergleichung der Ton- und Schallstärken haben wir übrigens keine deutlichen Multipla der Empfindungen (317).

346. Qualität der Töne.

Unter Qualität (Klang, Timbre, Farbe) der Töne versteht man die als solche meist nicht näher beschreibbaren, Jedem aber sogleich auffallenden, Empfindungen, welche durch (gleichhohe) Töne z. B. verschiedener musikalischer Instrumente in uns erregt werden. Die objective Ursache der qualitativen Unterschiede der Töne, überhaupt Schallempfindungen, ist schon lange erkannt worden, ohne dass man freilich im Stande war, die einzelnen Qualitäten selbst akustisch charakterisiren zu können. Das Ohr muss besondere Empfindungen vermitteln, je nach der Zahl und der Stärke der Stösse, d. h. der Geschwindigkeit der vibrirenden Theilchen; es blieb für die Theorie noch eine dritte objektive Eigenschaft übrig, nämlich die Geschwindigkeit, mit welcher die vibrirenden Theilchen das Maximum erreichen, mit andern Worten: die Art des Anschwellens und Abschwellens der einzelnen Stösse. Die graphischen Darstellungen in 337 nahmen an, das Maximum der Vorwärtsbewegung sei erreicht nach $^1/_4$, das Maximum der Rückwärtsbewegung nach $^3/_4$ der Schwingungszeit. Es sind aber, wie man sieht, unendlich viele Abweichungen möglich von dieser Oscillationsweise, welche Newton als die überhaupt allein vorkommende schwingende Bewegung angesehen hat; die Maxima können früher erreicht werden, z. B. nach $^1/_8$, resp. $^5/_8$ der Schwingungszeit. Der graphische Ausdruck für eine solche Tonwelle erhält dann eine andere Form. Man kann also bildlich sagen, das

Ohr erkenne auch die Formen der Tonwellen, d. h. die Empfindung verfolge gewissermassen die Tonschwingung in deren einzelnen Phasen. Die Art und Weise, wie die Phasen einer Schwingung durchlaufen werden, stellt die Qualität eines Tones dar. Also hat jeder Ton (und setzen wir hinzu jedes Geräusch) einen Klang.

Die Wissenschaft ist erst am Anfang einer specielleren Kenntniss der Einzelklänge; die betreffenden Thatsachen sind aber schon jetzt von direkter Wichtigkeit für die Physiologie des Hörens, der Stimme und Sprache; wir müssen desshalb denselben, zunächst in 352, besondere Aufmerksamkeit schenken.

347. Selbstregistrirung der Töne.

Duhamel hat zuerst die Schwingungen eines tönenden festen Körpers durch diesen selbst auf einen rotirenden Cylinder verzeichnen lassen. Ein in der König'schen Werkstätte akustischer Apparate zu Paris neuerdings verfertigter Apparat (Phonautograph) gestattet die bildliche Fixation auch von Schallwellen der Luft. Der Hauptsache nach besteht derselbe in Folgendem. Das schmale Ende eines grossen Cylinders, dessen dicke Wandung eine möglichst vibrationsunfähige Masse z. B. Gips bildet, ist durch eine dünne Membran von etwa 2 Zoll Durchmesser verschlossen, welche (wie schon die grosse Mannigfaltigkeit ihrer Klangfiguren beweist) zu den verschiedenartigsten Schwingungen befähigt ist. Eine (dem Handgriff des Hammers des Trommelfells entsprechende) Vorrichtung erlaubt Abänderungen der Spannung der Membran, auf welche, in einigem Abstand von ihrer Mitte, ein sehr leichter schwingungsfähiger Griffel befestigt ist, dessen Spitze ein feines Vogelfederchen trägt. Töne, die am Eingang des Cylinders erregt werden, versetzen die Membran in Schwingungen (für viele Töne, so auch die Menschenstimme, ist übrigens der Cylinder entbehrlich); dadurch geräth der auf die Membran befestigte Griffel, jedoch bloss mit der Spitze des Federchens, in Transversalschwingungen und verzeichnet dieselben (wie bei der Pulsmaschine 158), auf eine horizontalliegende, berusste Kymographiontrommel, die mit sehr grosser Geschwindigkeit schraubenförmig an dem Federchen vorbeibewegt wird. Die Drehung der Trommel geschieht mit der Hand; zur genauesten Bestimmung der Zeitwerthe in jedem Augenblick der Drehung lässt man zugleich die Vibrationen einer genau abgestimmten Stimmgabel aufzeichnen. Kommt es nur auf die Schwingungszahlen in einem grösseren Zeitraum an, so lässt man durch einen markirenden Chronometer, etwa alle 2 bis 6 Secunden, einen Punkt auf die Trommel zeichnen. In Fig. 67 gibt die oberste Reihe einige Schwingungen einer, 512mal in der Secunde vibrirenden Stimmgabel; die 2. Reihe: Tonwellen einer Orgelpfeife; die 3. die Schwingungsform der Membran unter dem Einfluss zweier, im Octavverhält-



Fig. 67.

niss stehender Orgelpfeifen; die letzte Reihe: Tonwellen der menschlichen Stimme.

Der jedenfalls noch manchfacher Vervollkommnungen fähige Apparat (für den der Erfinder ein Patent nahm!) befindet sich erst so kurze Zeit im hiesigen physiologischen Institut, dass ein Urtheil über seine Leistungen jetzt noch nicht gegeben werden kann.

348. Elementare periodische Tonschwingungen.

Die einfachste Tonschwingung ist die sogenannte pendelartige; sie erfolgt wie bei einem, aus seiner vertikalen Gleichgewichtslage gebrachten und sich dann selbst überlassenen Pendel, oder anschaulicher ausgedrückt, wie die Bewegungen eines Pendels, welches Schwingungen von so minimen Excursionen vollführt, dass die Bewegungen als einfache lineare Hin- und Hergänge betrachtet werden können. Die Art und Weise, wie hier die 4 Phasen (zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Vorwärts, zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Rückwärts) zeitlich auf einander folgen, ist in 337 ausgedrückt. Das auf diese Weise schwingende Theilchen gehorcht dem einfachsten Periodicitätsgesetz. Diese Töne nannte G. S. Ohm einfache Töne.

Nur sehr wenige Tonschwingungen gehören hierher; so z. B. durchaus nicht die Töne der Sirene Cagniard-Latour's, deren Stösse man lange Zeit als einfache, im obigen Sinne betrachtete. Dagegen erzeugt man einen einfachen Ton nach Helmholtz, wenn man eine Stimmgabel vor die Oeffnung einer passenden Resonanzröhre hält, d. h. einer solchen, deren tiefster Ton im Einklang ist mit dem Ton der Stimmgabel.

Diese elementaren Schwingungen sind dadurch charakterisirt, dass die Kraft, mit der die Rückschwingung geschieht, proportional ist dem Abstand von der Gleichgewichtslage. Diess ist bekanntlich beim Pendel der Fall; desshalb erreicht das losgelassene Pendel die Gleichgewichtslage in derselben Zeit, es mag vorher wenig oder mehr aus der Gleichgewichtslage entfernt worden sein. Man drückt diese Beziehungen auch mit den Worten aus: die Dauer kleiner Schwingungen eines Pendels ist von den Schwingungsamplitüden unabhängig.

349. Zusammengesetzte periodische Tonschwingungen.

Die Tonschwingungen können aber, wie schon Fig. 67 andeutet, irgend welchem andern Periodicitätsgesetz gehorchen; die betreffenden Perioden sind dann allemal (mathematisch) weniger einfach als die Periode der pendelartigen Tonschwingung; immer aber — die Bewegungen der vibrirenden Theilchen mögen während einer Schwingung successiv wachsen und wieder abnehmen wie sie wollen — wiederholen sich die Schwingungen in der einmal angenommenen Periodicität. Die mathematische Theorie zeigt, dass alle diese Tonschwingungen (überhaupt alle periodischen Bewegungen nach Fourier) angesehen werden können als zusammengesetzt aus einer Summe von Einzelgliedern, deren jedes einer einfachen pendelartigen Tonschwingung entspricht.

Alle Töne, die nicht streng nach dem Periodicitätsgesetz der Pendelschwingung entstanden sind, wären demnach als zusammengesetzte zu betrachten. Dieses ergibt sich sogleich, wenn aus einfachen Pendelschwingungen verschiedener Art, nach der graphischen Versinnlichungsweise in 337, die resultirende Schwingungsform zusammengesetzt wird.

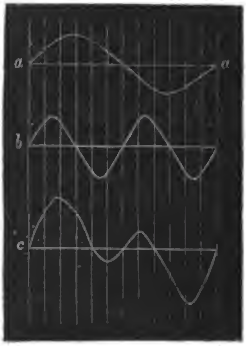


Fig. 68.

In Fig. 68 bedeuten die Curven a und b die Schwingungsphasen zweier einfachen Töne, die gleich stark sind, aber um eine Oktave von einander abstehen. In der Zeit a—a macht also Ton b zwei Schwingungen, a bloss eine einzige. Die aus beiden elementaren Tönen resultirende Schwingungsform ist, nach den Regeln des 337, in c dargestellt.

In Fig. 69 ist die elementare Tonschwingung a nach Stärke und Schwingungsdauer wie a Fig. 68; Ton d ebenfalls um 1 Octave höher, aber viel schwächer als b der Figur 68; die Resultirende ist jetzt F, also eine complicirtere Periode als c Fig. 68.

Man sieht aus diesen zwei, möglichst einfachen Beispielen, dass sich aus einfachen Pendelschwingungen eine unendliche Mannigfaltigkeit resultirender Schwingungsformen zusammensetzen lässt und dass die letzteren, d. h. die resultirenden complicirten Oscillationsperioden, abhängen von der Zahl, Grösse und Dauer der elementaren Schwingungen.

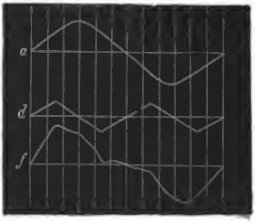


Fig. 69.

350. Empfindungsweisen der einfachen und der zusammengesetzten Tonschwingungen.

Bei den einfachen periodischen Pendelschwingungen hören wir nur einen einzigen Ton, der natürlich nach Stärke und Höhe vielfach wechseln kann. Die zusammengesetzten periodischen Schwingungen veranlassen in uns ebenfalls jeweils nur eine ganze Tonempfindung, aber mit anderen Charakteren (Timbren). Viele der letzteren können wir in ihrer Totalität zwar sehr leicht von den übrigen Toncharakteren unterscheiden, nicht aber näher beschreiben; wir sagen z. B. bloss aus, manche solcher Töne seien uns angenehm, andere mehr oder minder unangenehm. Der Empfindungsvorgang selbst, der Empfindende

mag sich darüber klar werden oder nicht, besteht aber in einer Zerlegung des complicirten Tones in seine einfachen Töne. Man unterscheidet alsdann: 1) den tiefsten Ton. Dieser, als der weitaus stärkste, bestimmt die, jedem Ohr ohne Weiteres bemerkliche Tonhöhe. 2) Eine kleinere oder grössere Anzahl höherer Töne und zwar hört das geübte musikalische Ohr bei gehöriger Aufmerksamkeit Töne heraus, die 1, 2, 3, 4 u. s. w. Oktaven höher sind, als der tiefste Ton (sog. Obertöne). Je nach der Anzahl, Stärke und Höhe der Obertöne empfindet man einen bestimmten Toncharakter.

Aber nicht bloss die unendlich verschiedenartigen, zusammengesetzten Tonschwingungen veranlassen in uns die mannigfaltigsten Empfindungsformen, d. h. »Toncharaktere«; sondern auch den »einfachen« Tonschwingungen kommt, ausser Höhe und Stärke, ein bestimmter Charakter zu und zwar der irgend eines Vocales. Die Geräusche sind gleichfalls von bestimmten Charakteren begleitet. Der »Charakter« (Timbre) ist daher etwas allen Hörempfindungen Inhärentes, die aus einer irgendwie auf einander folgenden Zahl von Stössen bestehen.

351. Die Tontimbres der Sprachen.

Die Tontimbres, welche von den Sprachen benützt werden, gehorchen relativ einfacheren Periodicitätsgesetzen; gerade desshalb sind dieselben für unsere Empfindung besonders klar und leicht aufzufassen, daher ihre Verwendung in der Sprache. Aber auch für die akustischen Studien über die Timbres der Töne bieten die sog. Sprachlaute die zugänglichsten und passendsten Beispiele dar. Dieses gilt namentlich von den sog. Vocalen, deren Periodicitätsgesetze bereits einigermaassen (352) bekannt sind. Die sog. Consonanten aber sind akustisch noch nicht näher definirt.

Der erste Versuch einer akustischen Definition, wenigstens der Vocale, rührt von R. Willis her. Schlagen (um das anschaulichste, wenn auch praktisch weniger empfehlenswerthe Experiment Desselben anzuführen) die Zähne eines sich drehenden Rades gegen eine Uhrfeder, so entsteht ein um so höherer Ton, je zahlreicher in der Zeiteinheit die Einzelstösse auf einander folgen. Diese Töne nehmen aber ausserdem einen Vocalcharakter an; bei einer gewissen Länge der Feder entsteht *u*, bei successiven Verkürzungen derselben *o*, *a*, *e* und endlich *i*. Die Feder schwingt nämlich, nachdem sie vom Zahn abgegleitet ist, noch fort, sie gibt dabei einen Ton. Der Eigenton der Feder ist aber um so höher, je kürzer dieselbe ist. Aenderung der Drehungsgeschwindigkeit des Rades ändert bloss die Tonhöhe, nicht aber den Vocalcharakter; desshalb unterscheidet Willis: 1) die primären Schwingungen (Hauptton), herrührend im obigen Fall von der Zahl der Zahnstösse; sie bedingen die Tonhöhe; 2) die secundären Schwingungen (Nebentöne), d. h. die Vibrationszahlen der Feder; sie bestimmen den Vocalcharakter.

Sämmtliche Töne der Sirene Cagniard-Latour's sind mit Vocalklängen verbunden. Hat man, durch kräftigstes Anblasen der Sirene, einen möglichst hohen Ton, der immer als *i* klingt, erhalten und hört plötzlich mit dem Anblasen

auf, so zeigen die, wegen abnehmender Drehungsgeschwindigkeit continuirlich an Höhe abnehmenden Töne noch lange den Klang *i*, dann folgen *e*, *a*, *o* und *u*.

Die Feder im Willis'schen Versuch muss natürlich Zeit haben, im Intervall zwischen zweien Zahnstössen hin und her zu schwingen; die Federschwingungen müssen also zahlreicher sein als die Zahnstösse, mit andern Worten: der Eigenton der Feder muss höher sein als der durch die Zahnstösse bedingte Ton. Bei einer gewissen Tonhöhe (schnellen Aufeinanderfolge der Zahnstösse) fängt desshalb das von langsamen Federschwingungen herrührende *u* an zu verschwinden.

Helmholtz erweiterte diese Lehre dahin, dass die tönenden Vocale ausser dem Hauptton noch aus einer Anzahl von Nebentönen (Obertönen) mit 2, 3mal u. s. w. höheren Schwingungszahlen bestehen, so zwar, dass die tönenden Vocale sich nur unterscheiden durch die höheren Obertöne, welche den Grundton begleiten. Ein geübtes musikalisches Ohr kann bestimmte dieser Obertöne heraushören. Das Nämliche gilt übrigens auch von den tönenden Consonanten der Sprache.

Nach Helmholtz erleichtert man sich das Heraushören selbst sehr schwacher Obertöne, wenn man passende Resonatoren auf das Ohr setzt, z. B. Glaskugeln mit zwei Oeffnungen, von denen die eine in einen Hals ausläuft, der in den Gehörgang gesetzt wird. Ist das andere Ohr geschlossen, so hört man die meisten Töne sehr gedämpft, ausserordentlich stark aber denjenigen Ton (er sei ein für sich allein bestehender einfacher oder ein Oberton), der dem Eigenton der Glaskugel entspricht.

Helmholtz erinnert, zur Erläuterung des Obigen, an eine dem Klavierspieler bekannte Thatsache. Singt man irgend einen Vocalton gegen den Resonanzboden des Klaviers, während zugleich der Dämpfer abgehoben ist, so klingt der gesungene Vocal ganz deutlich auf den Saiten nach; es werden also durch einen bestimmten Vocal, abgesehen von der dem Grundton entsprechenden Saite, noch höhere Saiten zum Schwingen gebracht. Genau dasselbe gilt übrigens, was bisher übersehen wurde, von allen continuirlichen Consonanten der Tonsprache. Sehr gut klingen auf den Claviersaiten nach: *l, r, m, n;* ziemlich unterscheidbar sind noch *w, ch, sch;* undeutlich ist bloss *s*.

352. Akustische Charakteristik der einzelnen Vocale.

Durch Combination verschiedener »einfacher« Töne hat Helmholtz Töne mit den specifischen Vocalcharakteren erhalten. Eine Anzahl Stimmgabeln, deren Schwingungszahlen im Verhältniss 1, 2, 3, 4 u. s. w. standen, wurden jede mit ihrer entsprechenden Resonanzröhre verbunden. (Die Stimmgabel gibt zwar ebenfalls einen »zusammengesetzten« Ton; die Resonanzröhre verstärkt aber bloss den Grundton der Gabel, weil ihre Länge bloss mit diesem im richtigen Verhältniss steht; alle Obertöne fallen aus und man hört nunmehr bloss den Grundton, also einen starken »einfachen« Ton.) Die Röhren konnten mittelst einer Claviatur durch Deckel verschlossen und somit die entsprechenden Töne verhindert oder doch beliebig geschwächt werden. Jede Stimmgabel wurde zwischen den Schenkeln eines hufeisenförmigen Magnetes befestigt, der durch electrische Ströme in schnellen Wechseln magnetisch wurde und den Magnetismus verlor und dadurch die Stimmgabel, durch abwechselndes Anziehen und Abstossen, in Bewegung setzte. Die Zahl der elementaren Stösse entsprach der Schwingungszahl der den Grundton gebenden Stimmgabel.

Wird der Grundton allein gehört, so hat der Ton den Charakter *u*. Die übrigen Vocalcharaktere sind in der folgenden Tabelle, nach Helmholtz, über-

sichtlich dargestellt. Die Klammern bedeuten, dass die betreffenden Töne auch ausfallen könnnen; also *o* entsteht, wenn der Grundton und zweite Ton (d. h. nächsthöhere Oktave) stark angegeben werden, während der 3. und 4. schwach mitklingen, aber auch ausfallen kann.

Vocal	Einfache Töne.						
	Grundton	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter	Sechster	Siebenter
u	stark		(schwach)				
o	stark	stark	(schwach)	(schwach)			
e	stark	mässig	stark	(schwach)	(schwach)		
ö	stark	stark	stark				
ü	stark	—	mässig				
i	schwächer	stark	(sehr schw.)	stark	(mässig)		
a	stark	(schwach)	schwach	mässig	stärker	stärker	stärker
					als 3 und 4.		
ä	stark	(schwach)	schwach	stark	stark.		

353. Geräusche.

Diese grosse und unendlich mannigfaltige Classe von Hörempfindungen ist bis jetzt der Akustik kaum zugänglich gewesen. In vielen Fällen folgen die Einzelstösse zu langsam auf einander; in anderen geschieht die Aufeinanderfolge der Stösse zwar schnell, aber (nach Zeit und Intensität) durchaus unregelmässig. Letzteres führt demnach auf in hohem Grade unregelmässige Schwingungsformen. Die meisten Geräusche können als Complexe elementarer Töne angesehen werden, so dass selbst eine strenge Grenze zwischen gewissen Timbren der Töne und den Geräuschen nicht zu ziehen ist. An den Geräuschen unterscheidet man wiederum: 1) Stärke; 2) Höhe und zwar a) die Höhe des Geräusches als Ganzes, bei welcher wohl ein prädominirender Ton den Ausschlag giebt: z. B. die Höhe der sog. Herztöne der Stethoskopiker, die keine Töne im akustischen Sinn darstellen und b) die Höhe einzelner Töne, die unter Umständen aus dem Gesammtgeräusch herausgehört werden. 3) Timbre. Sehr viele Geräusche haben, und zwar mehr oder weniger rein, irgend einen Vocal- oder Consonantencharakter; sie sind desshalb besonders leicht auffassbar.

Unser Unterscheidungs- und Erinnerungsvermögen für die Qualitäten der Geräusche ist kein unbedeutendes, wie Beispiele genug aus den speciellen Berufsarten der Menschen beweisen; die Näherin unterscheidet beim Reissen der Stoffe deren Qualitäten u. s. w. Die Sprachen haben zahlreiche Bezeichnungen — zum Theil Onomatopoëtica — für die Geräusche: Schnurren, Schnarren — Summen, Brausen, Sausen, Rauschen, Tosen — Klappern, Rasseln — Poltern, Rollen — Pfeifen, Zischen, Schwirren, Schrillen, Pipen, Meckern, Grunzen, Stöhnen, Aechzen u. s. w.

C. Gleichzeitiges Hören verschiedener Töne.

354. Vorbemerkungen.

Ein »zusammengesetzter« Ton, in dem 350 definirten Sinne, wird, obschon er objektiv genommen aus einer Anzahl »einfacher« Töne besteht, zusammengefasst zur einheitlichen Empfindung und bezogen auf eine einzige

Tonquelle. Wir haben in diesem Falle keinen Anlass, die betreffenden Empfindungen als gesonderte aufzufassen, ja erst bei beharrlicher Aufmerksamkeit, oder mittelst künstlicher Versuchsmethoden (351) können aus einem solchen zusammengesetzten Ton einzelne einfache Töne herausgehört werden. Dagegen verschmilzt uns die Musik eines vollen Orchesters nicht zu einer Gesammtempfindung; wir sind vollkommen im Stande, sowohl eine Anzahl Instrumente neben einander zu hören, als auch ein einzelnes, unter einer gewissen Vernachlässigung der übrigen, zu bevorzugen. Mit einem Wort, die Tonempfindungen geben uns objectiv richtige Aufschlüsse über die Tonquellen selbst. Bei einem »zusammengesetzten« Ton hören wir ausser dem Grundton von n Schwingungen nach Helmholtz mehr oder weniger Obertöne. Die Schwingungszahlen der letzteren sind 2 n, 3 n, 4 n u. s. w., also unter sich in den einfachsten musikalischen Intervallen; die entsprechenden Empfindungen werden zusammengefasst zur gemeinsamen Empfindung. Töne aber, die nicht im Oktavverhältniss zu einander stehen, können nicht zur Empfindungseinheit vereinigt werden, daher unsere Befähigung, die verschiedenen Töne eines Accordes zu unterscheiden.

Diese Thatsachen führen auf einen allgemeinen Satz der Sinnesphysiologie, der in der Einleitung (Abschnitt XVII) nicht wohl hätte entwickelt werden können. Die objectiven Empfindungen leisten alles für uns, wenn sie zur richtigen Auffassung der Aussenwelt verhelfen; es kommt uns, beim gewöhnlichen Gebrauch der Sinne, wie Helmholtz sich ausdrückt, nur darauf an, die Vorstellung von dem äussern Objekt oder Ereigniss richtig zu bilden. Der Empfindungsvorgang in seinen Componenten bleibt uns dabei vollständig verborgen; wohl aber sind wir durch lange Erfahrung dahin gelangt, die Gesammtheit gewisser elementarer Empfindungen aufzufassen als ein sinnliches Zeichen für eine bestimmte äussere Veranlassung, also in unserm Fall für einen von einer bestimmten Tonquelle ausgehenden Ton. Wäre das nicht der Fall, so würden die Gehörempfindungen uns nicht nur keine Belehrungen über die Aussenwelt, sondern im Gegentheil Nachtheile bringen. Eine Erklärung aber, warum wir die Totalität der Tonempfindungen einer Orchestermusik, nicht aber die eines zusammengesetzten Tones zerlegen, ist nicht möglich; dass eine solche Erklärung eine psychische sein müsste, ist einleuchtend.

In den folgenden Paragraphen werden die möglichen Fälle von gleichzeitigem Hören verschiedener Töne eingehender betrachtet; wir stossen dabei auf Ausnahmen von dem oben ausgesprochenen Satz, dass die Tonempfindungen uns richtige Aufschlüsse über die Tonquellen geben; diese Ausnahmen aber beziehen sich nur auf künstliche Anordnungsweisen des Versuches; für das gewöhnliche Hören und die gewöhnlichen (d. h. allemal zusammengesetzten) Töne gilt unser Satz mit vollem Recht.

355. Gleichzeitiges Hören von Einklängen.

Wir gehen vom einfachsten Fall aus: zwei gleichstarke, unisone, also genau gleich hohe, Töne werden *a tempo* erregt. Die Töne seien einfache, ohne Begleitung von Obertönen. Es sind 3 Fälle möglich: 1) Die Maxima der Stösse beider Töne erreichen genau *a tempo* den Hörnerven; es entstehen also doppelt so starke Verdichtungen und Verdünnungen. Die Intensität der Empfindung ist am stärksten. 2) Die Maxima der verdichtenden Stösse des einen Tones erreichen das Ohr gleichzeitig mit den Minima der verdünnenden Stösse; die Verdichtungshalbwelle legt sich also genau auf die Verdünnungshalbwelle (analog den Interferenzen, D, Fig. 66); die Bewegungen heben sich nunmehr auf, es wird kein Ton gehört.

Erregt man z. B. einen Ton im Anfang 1 einer Röhre Fig. 70, welche sich so in 2 Arme theilt, dass der eine um $^1/_2$ Wellenlänge länger ist als der andere, so ge-

langt gleichzeitig eine Verdichtungs- und eine Verdünnungshalbwelle nach 2 und der Ton wird daselbst ausgelöscht. Die beiden Röhrenarme können hier geradezu als Conductoren von 2, unter sich um $1/2$ Wellenlänge abstehenden, sonst genau gleichen Tonquellen angesehen werden. — Zwei unisone Töne dagegen, ausgehend von zwei Instrumenten, die um $1/2$ Wellenlänge aus einander stehen, löschen sich nicht aus, weil (abgesehen von der schwer zu erreichenden absoluten Gleichzeitigkeit der beiderseitigen Wellen und anderen Ursachen) das Ohr nicht bloss die direkten Wellen empfängt, sondern auch die von den verschiedensten Richtungen, Boden, Wände u. s. w. her reflektirten Tonwellen, deren Zahl natürlich sehr viel grösser ist als die der direkten.



Fig. 70.

3) Die Maxima der Stösse beider Töne fallen hinter einander. Liegen die Maxima einander nahe, dann tritt immer noch Verstärkung ein (freilich keine Verstärkung ums Doppelte, wie in 1) u. s. w. Man sieht, es sind in 3) alle möglichen Fälle zwischen der Intensität (1) und der vollkommenen Auslöschung der Töne (2) enthalten.

Sind die unisonen Töne rein, d. h. ohne alle Beimischung von Obertönen (was aber nur dem künstlichen akustischen Versuch möglich ist), dann verschmelzen sie nothwendig zur einheitlichen Empfindung; es ist kein Grund vorhanden, sie gesondert aufzufassen. Diese Beispiele zeigen also, dass sich die von tönenden Körpern ausgeschickten Tonwellen in einer Weise modificiren können, dass die resultirende Empfindung den Vorgängen in den Tonquellen keineswegs entspricht, dass aber andererseits diese Modificationen beim gewöhnlichen Hören nicht zutreffen können.

356. Gleichzeitiges Hören von dem Einklang nahen Tönen.

Wir nehmen zunächst an, zwei einfache, gleichstarke Töne, die nahezu unison sind, werden gleichzeitig gehört, z. B. zwei Töne von 100 und 101 Schwingungen in der Secunde. Die Stösse des letzteren Tones müssen im Verlaufe der Secunde denen des ersteren allmälig voraneilen. Der Deutlichkeit der Wellenbilder wegen muss in Fig. 71 eine viel grössere Differenz der Schwingungszahlen angenommen und z. B. auf 9 Stösse des einen, 10 des zweiten Tones eingezeichnet werden. Bei 1 fallen die Berge beider Systeme (am meisten) auf einander; die Töne verstärken sich. In der Mitte, bei 0, kommt (nahezu) ein Maximum einer Verdichtungshalbwelle auf das Maximum einer Verdünnungshalbwelle: die Töne löschen sich aus. Der Ton wird in der That, nach Helmholtz, vollständig intermittirend, stossweis gehört; so aber, dass jeder Einzelstoss allmälig an- und dann wieder abschwillt. Zwischen 1 und 0 lagern sich, wie man sieht, die zwei Wellenzüge so über einander, dass die resultirenden Wellen an Höhe immer mehr abnehmen, während sie von 0 gegen das rechte Ende hin successiv wachsen. Diese abwechselnden Verstärkungen und Schwächungen der Töne werden in der Akustik als Schwebungen bezeichnet. Die Zahl der letzteren ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne;

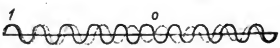


Fig. 71.

2 Töne z. B. von 100 und 104 Schwingungen in der Secunde geben alle ¼ Secunde 1 Schwebung. Folgen die Schwebungen schnell, so wird der Ton förmlich knarrend. Töne die um ½ oder 1 Ton von einander abstehen, können noch solche Schwebungen veranlassen, also förmliche Intermittenzen der Empfindungen. Darin sucht Helmholtz den Grund, warum uns solche Töne, wenn sie zugleich gehört werden, unangenehm ansprechen. In der That sind vielerlei intermittirende Empfindungen auch anderer Sinne unangenehm im Vergleich zu den kontinuirlichen.

Bisher wurden einfache Töne angenommen; werden dagegen zwei gewöhnliche, d. h. zusammengesetzte Töne, die dem Einklang nahe stehen, gleichzeitig erregt, so erlischt der Ton nicht ganz während der Minima der Tonstärke, weil auch Obertöne vorhanden sind, deren Schwebungen mit denen des Grundtones nicht zusammenfallen (Helmholtz).

357. Consonirende und dissonirende Töne der Tonleiter.

Ausser den in den beiden vorhergehenden Paragraphen behandelten Fällen ist noch ein dritter möglich: die gleichzeitig gehörten Töne zeigen starke Differenzen ihrer Schwingungszahlen. Wir beschränken uns auf die in der Tonleiter vorkommenden Intervalle (344).

Zwei oder mehrere Töne zusammen gehört sind uns entweder angenehm (consonirend), oder unangenehm (dissonirend). Die consonirenden Töne zeigen einfache, d. h. durch kleine ganze Zahlen ausgedrückte, die dissonirenden aber complicirtere Verhältnisse ihrer Schwingungszahlen. Consonirende und von der Musik besonders häufig angewandte Zweiklänge sind namentlich folgende:

Musikalische Bezeichnung des Intervalls.		Relative Schwingungszahlen. Grundton.		Höherer Ton.
Quinte,	z. B. c : g	2	:	3
Quart,	z. B. c : f	3	:	4
Grosse Terz,	z. B. c : e	4	:	5
Kleine Terz,	z. B. e : g	5	:	6
Sext,	z. B. c : a	3	:	5
Kleine Sext,	z. B. e : c	5	:	8

Drei gleichzeitig angegebene Töne sind harmonisch, wenn je 2 derselben unter sich eines der eben erwähnten einfachen Verhältnisse bieten. Beim sog. Durdreiklang ist die Consonanz vollkommener, als beim Molldreiklang. Das Specielle gehört in die Lehrbücher der Physik.

Werden zwei consonirende Töne neben einander gehört, so entsteht, ausser den primären, noch ein dritter Ton: der Combinationston. Wir hören dann drei Töne. Die primären Töne müssen übrigens eine gewisse Intensität haben.

Man unterscheidet zweierlei Combinationstöne: 1) Die von Tartini beschriebenen tieferen Combinationstöne. Stehen z. B. die primären Töne im Intervall einer Quart, so fällt je der vierte Stoss des einen zusammen mit dem dritten des andern Tones; dadurch entsteht ein neues System von Stössen, deren Wellenzüge neben denen der primären Töne verlaufen und deren objektive Natur Helmholtz nachgewiesen hat. Die Schwingungszahl des Combinationstones ist = der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne; der Tartinische Ton ist also tiefer. Für das Quartintervall ($4 - 3 = 1$) ist der Combinationston die tiefere Doppeloctave (relative Schwingungszahl 1) des höheren primären Tons (Schwingungszahl 4); ist letzterer aber bereits tief, so kann der Combinationston als zu tief natürlich nicht mehr gehört werden. 2) Höhere Combinationstöne: Die Schwingungszahl dieser, von Helmholtz entdeckten Töne ist gleich der Summe der primären Töne. Diese Combinationstöne sind jedoch sehr schwach.

Im Uebrigen verlaufen zwei consonirende Töne ungestört neben einander, d. h. ohne die, eine Intermittenz der Empfindung bewirkenden Schwebungen (356); desshalb sind sie uns vollkommen anschaulich und angenehm. Es ist z. B. *h* eine reine Quint von *e*, also macht *e* 2 Schwingungen, während *h* 3 vollführt. Der 1. Oberton von *h* ($3 . 2 = 6$) und der 2. Oberton von *e* schwingen demnach gleich schnell; die Obertöne sind also im Einklang, die Harmonie wird nicht gestört. Ist aber das Intervall 2 : 3 nicht genau gestimmt, so machen die genannten Obertöne Schwebungen und je grösser die Unreinheit der Intervalle, desto schneller und unangenehmer werden die Schwebungen. Die unangenehmen Empfindungen bei unrein gestimmten Instrumenten rühren demnach von Schwebungen der Obertöne her und Consonanz ist eine continuirliche, die Dissonanz eine intermittirende Tonempfindung (Helmholtz).

D. Schallleitung durch das Hörorgan.

358. Uebergang der Schallwellen in andere Medien.

Der Schall pflanzt sich in der Zeitsekunde in der Luft um 1024 par. Fusse fort; im freien Wasser ist seine Geschwindigkeit aber 4 mal, in den schwingungsfähigeren unter den festen Körpern selbst 7—18 mal grösser. Unter allen Umständen sind die Schallgeschwindigkeiten ausserordentlich gross, gegenüber dem kleinen Raum, den die Schalle zurücklegen müssen vom äusseren Ohr bis zum Hörnerven.

Die Fortleitung des Schalles erfolgt am besten in demselben Medium, in welchem der Schall erregt wurde; auf ein zweites Medium geht er selbst im günstigsten Fall nur mit einer gewissen Schwächung über. I) Schallschwingungen fester Körper gehen viel leichter über auf Wasser als auf Luft; II) Schwingungen tropfbar-flüssiger Körper theilen sich festen Körpern leicht, der Luft viel schwerer mit; III) Schwingungen der Luft gehen leichter

auf feste Körper (namentlich auf gespannte) Membranen, schwer dagegen in Wasser über.

Schallwellen gehen also aus Wasser leichter über in das Hörorgan als aus Luft; viele in der Luft lebende Thiere (Säuger, Vögel, beschuppte Amphibien) haben in der That einen complicirten akustischen Zuleitungsapparat. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass die Grundunterschiede des anatomischen Baues der Hörorgane bloss auf die Medien sich beziehen, in denen die Thiere leben.

359. Resonanz.

Die Musik benützt als wirksame Tonverstärkungsmittel die Mitschwingungen (Resonanzen) anderweitiger Körper. W. Weber unterscheidet zwei Arten von Resonanz: I) Vollkommenere Mittheilung der Schwingungen des tönenden Körpers an ein anderes Medium. Die Schwingungen der Stimmgabel z. B. theilen sich der Luft nur sehr unvollkommen mit; wird dieselbe aber auf einen Tisch aufgesetzt, so entsteht der bekannte starke Ton. Die Theilchen des Holzes, kommen in Schwingungen, isochron mit denen der Gabel. Die Schwingungen des Holzes überhaupt aber der in dieser Weise resonirenden Körper, sind viel schwächer als die der primären Tonquelle: der Ton also wird nicht positiv verstärkt, höchstens kann er fast die Stärke erhalten, die er hätte, wenn er fortgepflanzt würde durch eine Masse, die der Tonquelle gleichartig ist. II) Wirkliche Verstärkung des Tones (Resonanz im engern Sinn). Die Schallwellen der Tonquelle gehen über auf einen begrenzten Körper, z. B. einen Luftraum, von dessen Grenzen sie zurückgeworfen werden. Die zurückgeworfenen Wellen kreuzen sich aber unter sich und mit den direkten, vom tönenden Körper herkommenden Wellen; dadurch kommt der resonirende Körper in stehende Schwingungen von viel stärkeren Excursionsweiten als die Schwingungen sind, die der Körper vollbringen könnte, wenn er unbegrenzt wäre, selbst bei der vollkommensten Mittheilung der Töne.

Gute Resonanzapparate müssen zu mannigfaltigen und intensiven Schwingungszuständen befähigt sein. Bei den resonirenden eingeschlossenen Luftmassen kommen sowohl letztere selbst als deren Wandungen in Betracht; beide nämlich müssen mit dem tönenden Körper harmonisch schwingen können. Was die Wandungen betrifft, so ist besonders von Einfluss: 1) Das Material: dünne elastische Wände, z. B. von Holz, sind gute; weiche nicht gespannte Wände, die schwer in Schwingungen versetzt werden können, sind schlechte Resonatoren. Letzteres muss offenbar z. B. von der Schleimhautauskleidung der Trommelhöhle gelten. 2) Die zunehmende Grösse der Resonanzfläche begünstigt die Mittheilung der Schwingungen. 3) Gestalt der Resonanzfläche. Vieles bezüglich des Baues und der Form der Resonanzkästen beruht lediglich auf einer wohlberechtigten Empirie, ohne im Specielleren akustisch erklärbar zu sein.

360. Aeusseres Ohr.

Die Funktionen der durch ihre Gestalt ausgezeichneten Ohrmuschel sind wenig markirt; beim Fehlen derselben ist die Feinheit des Hörens nicht sehr

merklich geschwächt. Die Muschel dient jedenfalls als Reflector von Schallstrahlen in den Hörgang. Die Wandungen der Muschel sind jedoch so gebaut, dass die meisten Schallstrahlen, welche diese treffen, wieder nach aussen reflectirt werden; nur diejenigen, welche auf die Vertiefung des äusseren Ohrknorpels (Concha) stossen, werden gegen den Tragus und von da in den Hörgang geworfen.

Die, vom N. facialis versorgte, beim Menschen aber wenig entwickelte, Muskulatur der Ohrmuschel zerfällt 1) in die vom Schedel zum Ohr gehenden, dem Willen (häufig) unterworfenen Beweger des ganzen Ohres und 2) in die Beweger der einzelnen Theile der Muschel. Letztere stellen im Menschen kleine, blasse Muskelbündelchen dar, deren Funktionen nicht wohl in Betracht kommen.

Bei vielen Säugethieren sind die Ohrmuskeln akustisch wichtig durch Erweiterung, Verengerung oder selbst (bei manchen Tauchern) durch klappenartiges Verschliessen des Hörganges. Die Anwesenheit von Muskeln am äusseren Ohr scheint uns auch für den Hörakt selbst von einer gewissen Bedeutung zu sein; die Empfindung dürfte wohl an Intensität und Deutlichkeit gewinnen, wenn sie am Eingang des Sinneswerkzeuges von bewussten Bewegungen begleitet ist, welche die Aufmerksamkeit dem Hörakt mehr zuleiten.

Die Luft des äusseren Hörganges dient als Leiter der Schalle. Wird derselbe verstopft, so ist man fast taub für Schallwellen der Luft; eine Uhr z. B., deren Schlag noch auf 42 Fusse hörbar war, wurde dann erst gehört, wenn sie dem Ohr bis auf 1 Zoll genähert war. Der Hörgang ist bekanntlich etwas gewunden, sodass nahezu alle Schallstrahlen zunächst auf die Wände dieses Ganges und von da erst auf das Trommelfell selbst geworfen werden.

361. Trommelfell und Trommelhöhle.

Die Scheidewand zwischen dem Hörgang und der Trommelhöhle hat beim Menschen eine Oberfläche von etwa 50 □ M. m. Bei Thieren mit kleinem Schedel ist sie nicht sehr viel kleiner; ein sehr kleines Trommelfell wäre nicht gehörig schwingungsfähig. Im Erwachsenen ist das Trommelfell schief gestellt zur Axe des Hörgangs und zwar schief 1) von oben und aussen nach unten und innen und 2) von hinten und aussen nach vorn und innen. Die Schiefstellung vergrössert die Oberfläche (Schwingungsfähigkeit) der Membran und bewirkt, dass eine grössere Zahl der von den Wänden des Hörganges reflectirten Strahlen mehr senkrecht auf das Trommelfell fallen. Als elastische gespannte Membran kann das Trommelfell durch Schallwellen der Luft (358) leicht in Schwingungen versetzt werden. Bei der Fortpflanzung der Trommelfellschwingungen zum Labyrinth können vorzugsweise zwei Wege in Betracht kommen:

1) Leitung durch die Luft der Trommelhöhle zur Membran des runden Fensters und von dieser auf das Wasser der Schnecke. Die physikalische Möglichkeit dieser Leitung ist unbestritten; sie steht aber sehr zurück gegen die zweite Leitungsbahn. Auch ist das runde Fenster in vielen, feinhörenden Thieren sehr ungünstig gestellt gegen das Trommelfell, ja es liegt

selbst in einem Nebenraum der Trommelhöhle, der mit letzterer nur durch einen sehr feinen Spalt communicirt.

2) Leitung durch die Gehörknöchelchen. Dieselben pflanzen die Trommelfellschwingungen fort zur Membran des ovalen Fensters, welches den Vorhof verschliesst. Diese Leitung ist bei weitem die bevorzugteste; ja sie kommt höchst wahrscheinlich allein in Betracht.

Joh. Müller hat beide Leitungen schematisch nachzuahmen gesucht. In den Hals eines Glascylinders Fig. 72 wird eine den äusseren Hörgang darstellende Röhre eingefügt, die unten mit einer Membran *t* verschlossen ist. Der Boden des Cylinders wird durch eine, von zwei Löchern durchbohrte Platte gebildet; in jedes Loch wird ein, unten mittelst einer Membran verschlossenes Röhrchen gesteckt, während ein, die Hörknöchelchen darstellender Stab *k* das Trommelfell *t* mit der Membran des ovalen Fensters *o* verbindet. Wird das untere Ende des Apparates in Wasser gesenkt, so hört man einen im Hals des Cylinders erregten Ton, mittelst eines, einerseits an das Ohr angelegten und andererseits in das Wasser eingetauchten gekrümmten Stabes, bei *o* sehr viel stärker als bei dem, das runde Fenster repräsentirenden *r*. Schwingungen einer gespannten Membran werden also leicht übertragen mittelst fester Theile auf eine zweite Membran und von da auf Wasser; viel schwächer aber von der Membran auf Luft und von da auf eine zweite Membran und von dieser wiederum auf Wasser.

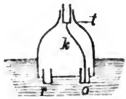


Fig. 72.

362. Hörknöchelchen.

Feste Körper, mit einander unter verschiedenen Winkeln verbunden, leiten den Schall in der ursprünglichen Richtung weiter, d. h. die Schwingungsrichtung verändert sich trotz der Winkel nicht. Versetzte Savart die Saite *s*, Figur 73, in Transversalschwingungen, so schwangen auch die Brettchen 1, 2, 3, 4 (wie aus den Bewegungen des auf sie aufgestreuten feinen Sandes sichtlich war) transversal; während die Schwingungen in den Verbindungsstücken *a*, *a* longitudinal erfolgten. Desshalb werden die Schwingungen der unter mehrfachen Winkeln mit einander verbundenen Hörknöchelchen, deren compacte Substanz zur Schallleitung sehr befähigt ist, weder geschwächt, noch in ihren Richtungen verändert.

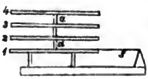


Fig. 73.

Die Trommelfellschwingungen werden zunächst mitgetheilt dem Handgriff des Hammers, welcher den Ein- und Auswärtsbewegungen des Trommelfells genau folgen muss. Parallel mit dem Hammerhandgriff verläuft der lange Fortsatz des Ambos; die Bewegungen des letzteren müssen denen des ersteren genau folgen. Das mit dem langen Fortsatz des Ambos verwachsene Sylvi'sche Knöchelchen artikulirt mit dem Steigbügel-Köpfchen; eine von letzterem zur Mitte des Fusstrittes des Steigbügels gezogene Linie steht ungefähr senkrecht auf der Längsaxe des langen Ambosfortsatzes. Kleine Ein- und Auswärtsbewegungen des letzteren werden also den Steigbügel abwechselnd stärker in das ovale Fenster eindrücken und aus demselben herausziehen. Die gemeinsame

Drehaxe des ganzen Systems (Figur 74, punktirte Linie a-a) ist gegeben durch eine Linie gezogen von der Insertion des kurzen Fortsatzes des Ambos (an der Hinterwand der Trommelhöhle) nach vorn und aussen zur Insertion des Processus Folianus des Hammers am oberen vorderen Rand des Trommelfellringes. Die Figur 74 stellt das rechte Trommelfell von innen gesehen dar, sammt Hammer und Ambos.



Fig. 74.

363. Spannung des Trommelfells.

Die zur Aufnahme der Schallschwingungen der Luft erforderliche beständige Spannung des Trommelfells wird erzielt durch die Beschaffenheit der Membran selbst und durch den Handgriff des Hammers, dessen Spitze die Mitte des Trommelfells nach einwärts zieht. Diese Einwärtsstellung des Handgriffs wird nicht blos durch die Federkraft des Processus Folianus bewirkt, sondern sie ist das Resultat der gesammten Lagerungs- und Verbindungsweisen der Hörknöchelchen.

Die Spannung des Trommelfells kann vergrössert werden durch den Musculus tensor membranae tympani. Die Sehne desselben wendet sich, nachdem sie den Canal, innerhalb welches sie verläuft, verlassen hat, senkrecht gegen das Trommelfell und inserirt am oberen Theil des Handgriffes des Hammers (1 Figur 74), also nur wenig unter der gemeinsamen Drehaxe (a a) des Hammers und Ambos. Der Muskel zieht das Trommelfell nach einwärts; diesem Zug folgen alle Hörknöchelchen, desshalb tritt der Fusstritt des Steigbügels tiefer in das ovale Fenster und der Tensor tympani ist somit indirekt auch ein Tensor membranae fenestrae rotundae. Direct wird letztere Membran gespannt durch den Musculus stapedius, welcher den hinteren Theil des Steigbügelfusstrittes stärker an die Membran andrückt.

Ausserdem kann die Spannung des Trommelfells vergrössert werden, in Folge von Veränderung der Spannung der Trommelhöhlenluft (s. 365.)

364. Akustische Bedeutung der Trommelfellspannung.

Das stark gespannte Trommelfell leitet den Schall schlechter; die Trommelfellspannung ist somit ein Dämpfungsmittel zu starker Schalle. Wir hören dann minder gut die schwächeren Töne überhaupt und die tieferen insbesondere. Jede gespannte Membran giebt einen, ihrer Spannung entsprechenden Ton: ihren Eigenton. Die Membran kommt am leichtesten in Schwingungen durch Töne, die ihrem Eigenton unison sind oder demselben doch näher liegen. Das stark gespannte Trommelfell giebt einen hohen Eigenton, somit muss dasselbe tiefe Töne weniger gut leiten. Für gewöhnlich nehmen wir aber hohe und tiefe Töne zugleich wahr; die continuirliche Verbindung des Trommelfelles mit den Hörknöchelchen und dieser mit dem Labyrinth verhütet demnach ein einseitiges Schwingen des Trommelfelles.

365. Eustachische Trompete.

Dieses Communicationsrohr zwischen Trommelhöhle und Schlundkopf kommt in allen Thieren vor, welche eine Trommelhöhle besitzen; es dient zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der äusseren und der Trommelhöhlenluft und dadurch zur Verhütung einseitiger Spannungen des Trommelfells. Macht man bei Verschluss von Mund und Nase eine Ausathmungsbewegung, so nimmt die Luftfüllung der Trommelhöhle zu; das Gegentheil, also Minderung der Spannung dieses Luftraumes, findet statt, wenn unter gleichen Umständen der Versuch einer Einathmungsbewegung gemacht wird. Im ersten Fall ist der Luftdruck stärker auf der Innenseite des Trommelfells; letzteres giebt also nach aussen nach; im zweiten Fall drückt die äussere Luft das Trommelfell noch mehr nach einwärts.

In beiden Fällen ist die Locomotion des Trommelfells von einem Knall begleitet. Eine Schluckbewegung bei zugehaltener Nase oder während des Untertauchens unter Wasser bewirkt ebenfalls plötzliche Luftverdünnung im obern Pharynxraum. Dass diese starken Locomotionen des Trommelfells (und Hammers) dem Steigbügel nur zum kleinen Theil mitgetheilt werden, versteht sich von selbst; die Gelenkmechanik der Hörknöchelchen ist aber viel zu wenig direkt erforschbar, als dass z. B. über die Bewegung der äusseren Hörknöchelchen, ohne den Steigbügel, positive Thatsachen vorlägen.

Als Conductor der Schalle dient die Tuba nicht; die Annahme, dass dieselbe speciell beim Hören der eigenen Stimme betheiligt sei, ist nicht gerechtfertigt, denn eine in die Mundhöhle gehaltene Uhr wird schlecht gehört und Verstopfung der Tuba erschwert das Hören der eigenen Stimme nicht in stärkerem Grade als die sonstigen Hörwahrnehmungen.

366. Labyrinth.

Ueber die Fortpflanzung der Schallwellen von der Membran des ovalen Fensters bis zum Hörnerven, also über die Leistungen der verschiedenen Theile des Labyrinthes als Conductoren, Reflectoren und Resonatoren hat die Wissenschaft bis jetzt keine begründeten oder die physiologische Akustik wesentlich fördernden Anschauungen.

Der wunderbare Bau des inneren Ohres (Labyrinth) — ganz abgesehen von den Ausbreitungen des Hörnerven — deutet wohl zum Theil auf Funktionen, die vom Standpunkt der gegenwärtigen physikalischen Akustik noch nicht begreiflich sind. Vollkommene Räthsel im Bau eines Sinnorganes sind ein Beweis, dass die physikalische Theorie des betreffenden Sinnesreizes noch unvollständig ist.

Der Hörnerv verbreitet sich in das Spiralblatt der Schnecke, die beiden Vorhofsäckchen, die Ampullen und selbst in die häutigen Bogengänge, welche letzteren früher als nervenlos galten. Corti hat im Spiralblatt der Schnecke eigenthümliche Blättchen entdeckt, die er, sowie Kölliker und Andere, als die peripheren Enden der Schneckennervenfasern betrachtet, ein Zusammenhang, der von M. Schultze jedoch in Abrede gestellt wird. Die physiologische Verwerthung dieser Anordnungen, denen sich die Untersuchungen M. Schultze's über die in feine verzweigte Borsten auslaufenden Vorhofsnerven anreihen, kann zur Zeit über das blos Hypothetische noch nicht hinausgehen.

Die häutigen Bogengänge dürften die Aufnahme der Schallwellen der Kopfknochen erleichtern. Die beiden Vorhofsäckchen und Schneckentreppen, sowie die häutigen Bogengänge schliessen etwas Flüssigkeit ein; dadurch werden diese Gebilde offenbar in einem gewissen Spannungsgrade erhalten und somit deren Schwingungsfähigkeit erleichtert. Der sog. Hörsand der Vorhofsäckchen, ein feines, weisses, aus sehr kleinen Kryställchen von kohlensaurem Kalk bestehendes Pulver fehlt in manchen Säugthierspecies, auch in einzelnen Menschen. Ueber den akustischen Nutzen desselben existiren blosse Vermuthungen. Das Wasser der Schnecke wird in tönende Schwingungen versetzt vom Vorhofwasser aus. Diese Schwingungen theilen sich dem Spiralblatt und dem Schneckennerven mit. Bei stärkeren Vibrationen muss aber das Schneckenwasser gehörig ausweichen können; dieses wird ermöglicht durch das Nachgeben der Membran des runden Fensters (Ed. Weber.)

367. Schallleitung durch die Kopfknochen.

Die Kopfknochen, welche leicht in tönende Schwingungen zu versetzen sind, leiten den Schall bis zum Felsenbein. 1) Schallwellen der Luft gehen schwer über auf die Kopfknochen; wir sind in der That fast taub für Luftwellen bei verstopften Ohren. 2) Schallwellen aus Wasser gehen aber leicht über auf die Kopfknochen; unter Wasser getaucht hört man, auch bei verstopften Ohren, Geräusche, die in Wasser erregt werden, sehr gut. 3) Schallwellen fester Körper pflanzen sich am leichtesten auf die Kopfknochen fort. Eine tönende Stimmgabel z. B. wird, wenn man sie auf den Kopf setzt, stärker gehört, als aus der Luft. Besonders hört man den Stimmgabelton bei verstopften Ohren; wird bloss ein Ohr geschlossen, so ist der Ton auf diesem viel stärker als auf dem freigebliebenen.

Diese Schallleitung wird selten benützt; z. B. beim Auflegen des Ohres auf den Boden, um ferne durch den Boden fortgepflanzte Geräusche wahrzunehmen; beim Hörrohr des Arztes leitet sowohl die Luft als das Holz des Instrumentes. Auch für das Hören der eigenen Stimme ist diese Leitung von Belang; bei verstopften Ohren hören wir die eigene Stimme, d. h. die bis zu den Kopfknochen fortgepflanzten Stimmbänderschwingungen, stark, aber mit einem sehr veränderten Timbre.

368. Entfernung der Schalle.

Indem wir die objektiven Hörempfindungen nach aussen verlegen, beurtheilen wir zunächst unseren Abstand von der Schallquelle. Letztere bringt die Luft in Vibrationen nach allen Richtungen; diese Vibrationen, d. h. die Schallstärken, werden schwächer mit zunehmender Entfernung der Schallquelle: bei 2, 3, 4facher Entfernung sind die Schallstärken 4, 9, 16 mal schwächer als bei einfacher Entfernung. Wir haben die Intensität der verschiedenen Schalle durch lange Erfahrung kennen gelernt und schliessen, je nach der Stärke des Eindruckes, auf den Abstand der Schallquelle. Dieses

Urtheil steht aber ausserordentlich zurück hinter den analogen Leistungen der Augen; Ungenauigkeiten der Empfindung kommen desshalb, namentlich bei geringer Aufmerksamkeit, häufig vor. Ein schwaches, in der Nähe erregtes Geräusch kommt uns als stark vor, wenn wir die betreffende Schallquelle in zu grosse Entfernnng verlegen. Beim Erwachen in der Nacht kann man desshalb, ehe man psychisch vollständig gesammelt ist, ein schwaches Geräusch in der Stube auffallend stark hören. Die Hörempfindungen würden eine Menge von Irrthümern über die Abstände der Schallquellen bedingen, wenn unser Urtheil (wie das wohl bei vielen Thieren der Fall sein mag) bloss auf der Intensität der Sensation beruhen würde; es kommen aber zugleich in Betracht die Wahrnehmungen der Timbres der Geräusche und Töne und sonstiger auffallender Eigenschaften derselben, z. B. der zeitlichen Successionen. Wir kennen die specifischen Töne der summenden Biene, eines musikalischen Instrumentes, die Aufeinanderfolge der Geräusche bei den Bewegungen eines Thieres u. s. w., zugleich aber auch die Intensitäten dieser Schallquellen beim Hören in der Nähe. Wir sind also, bei nur einiger Aufmerksamkeit, vor dem Irrthum geschützt, die von der Biene oder der Geige erregten Töne in grosse Ferne zu verlegen, weil wir wissen, dass diese specifischen Töne an sich relativ schwach sind.

369. Richtung der Schalle.

Wir vernehmen einen, an einem bestimmten Ort erzeugten Schall am deutlichsten, wenn dessen Schallstrahlen senkrecht auf das Ohr fallen; in diese Linie verlegen wir die Richtung des Schalles. Durch Körper- nnd Kopfdrehung ist in jedem Einzelfall die günstigste Stellung des Ohres zur Schallquelle schnell gefunden. Der Schall gelangt dann mit etwas grösserer Stärke in das, dem Ort seiner Entstehung zugewandte Ohr, und wir glauben dann, den Schall in diesem allein zu hören. Letzteres ist aber eine Täuschung; es tritt augenblicklich eine Schwächung der Wahrnehmung ein, wenn das der Schallquelle abgewandte Ohr verstopft wird. Dringt dagegen ein Schall gleichmässig in beide Ohren, z. B. von einer vor das Gesicht gehaltenen Schallquelle, so haben wir keine Veranlassung, denselben auf das eine Ohr mehr als auf das andere zu beziehen, d. h. die Schallquelle ausserhalb der verlängerten Medianebene des Körpers zu suchen. Taucht man unter Wasser, so hört man die Schalle als etwas Aeusseres, kann aber nur unterscheiden, ob sie von rechts oder links herkommen; hat man aber vor dem Untertauchen den äusseren Hörgang mit Wasser ausgefüllt, so werden die Schalle nicht mehr als ein Aeusseres, sondern im Kopf selbst empfunden (Ed. Weber).

Die Wahrnehmung der Richtungen der Schalle steht weit zurück hinter den analogen Auffassungen des Sehsinnes. Da wir immer nur die Richtung beurtheilen, in welcher der Schall das Ohr trifft, so täuschen wir uns über den Ort des Schalles allemal, wenn derselbe reflektirt ist.

Ein und derselbe Schall, der beide Hörorgane, wenn auch ungleich trifft, wird einfach gehört. Diese Combination der Empfindungen beider Organe hat aber ihre Grenzen; man erhält z. B. andere Eindrücke, je nachdem man zwei Uhren von etwas verschieden schnellem Schlage mit bloss einem oder mit beiden Ohren hört

(E. H. Weber). Im ersten Fall unterscheidet man die Perioden, wo die Schläge beider Uhren zusammentreffen, und fasst sie als einen sich wiederholenden Rhythmus auf. Wird dagegen vor jedes Ohr eine Uhr gehalten, so unterscheidet man, dass die eine schneller schlägt, aber jener Rhythmus fehlt.

370. Schallempfindungen im Ohr.

Wir können dreierlei Veranlassungen derselben unterscheiden: I) Aeussere Schalle unter Umständen. Diess ist vor Allem der Fall bei Schallen, die nur durch die Kopfknochen, also auf ungewöhnlichem Wege, zum Ohr geleitet werden. Wird uns z. B. eine tönende Stimmgabel auf den Kopf gesetzt, so verlegen wir den Ton nach aussen; wir hören nämlich auch die Lufttöne der Gabel; verstopfen wir aber beide Ohren, so wird der Ton nicht bloss stärker (367), sondern auch ausschliesslich im Kopf selbst, und nicht mehr als etwas Aeusseres, empfunden; nach Verschluss von bloss einem Ohr hört man den Ton in diesem stärker, oder selbst allein.

II) Im Ohr erregte Schalle. Hieher gehören, abgesehen von den in 365 erwähnten Trommelfellbewegungen, namentlich die Erschütterungen des Felsenbeines durch den Carotisblutstrom. Man hört ein continuirliches, mit jedem Puls anschwellendes Geräusch. Diess ist namentlich der Fall bei Verstopfung des äusseren Hörganges, beim Aufsetzen eines mittönenden, abgeschlossenen Luftraumes, z. B. einer Muschel, auf das Ohr, bei Verstopfung der Eustachischen Röhre. Die Luft der Trommelhöhle, des Hörganges oder des mit letzterem in Communication gebrachten Luftraumes wird nunmehr durch das Circulationsgeräusch in stehende, also gehörig starke Schwingungen versetzt.

III) Reizungszustände des Hörnerven selbst oder des Gehirns. Hieher gehören namentlich Abnormitäten der Blutcirculation im Hirn und Labyrinth, in Folge von Blutverlusten, in Ohnmachten, narkotischen Vergiftungen, bei grosser körperlicher Abspannung (daher oft im Beginn von Krankheiten). Auch das, namentlich nach lange einwirkenden, monotonen Schallen auftretende Phänomen des Nachtönens ist hieher zu rechnen.

Der Gesunde überzeugt sich in der Regel leicht, dass diesen Empfindungen nichts Aeusseres entspricht; bei zugehaltenen Ohren bestehen sie fort; bei veränderter Stellung des Ohres zur vermeintlichen Schallquelle verändert sich ihre Stärke nicht; auch weichen sie meistens nach Timbre und sonstigen Eigenschaften von äusseren Schallen wesentlich ab. Bei Trübungen der Psyche aber können solche subjektiven Empfindungen leicht als objektive aufgefasst werden (s. 322).

XX. Sehen.

371. Leistungen.

Als Organ eines Specialsinnes vermittelt das Auge Lichtempfindungen. Man unterscheidet: 1) Die Farben; Schwingungen des Lichtäthers, von bestimmten Zahlen erregen in uns Empfindungen bestimmter Farben. 2) Das Weiss, das Helle, als Ergebniss des Zusammentretens von Licht ver-

schiedener Farben. Die Physik zerlegt bekanntlich das weisse Sonnenlicht mittelst des Prisma's in die sog. Spektralfarben und vereinigt die letzteren wieder zu weissem Licht. 3) Das Dunkel (Schwarz), die Folge von mangelndem oder zu geringem Licht. Die Farben sind specifische Empfindungsformen des nervösen Sehapparates, die objektiven Ursachen derselben, d. h. die Bewegungen des sog. Lichtäthers, haben nichts gemein mit den Empfindungen, die sie in uns erregen. Auch die zahlreichen heterologen Reize der Retina, Erschütterungen, Drücke, Electricität u. s. w., abnorme Zustände z. B. Anomalieen der Blutcirculation im gesammten nervösen Sehapparat, kurz Einflüsse, die mit dem Licht objektiv gar nichts gemein haben, können ebenfalls (subjektive) Licht- und Farbensensationen veranlassen.

Als Organ eines Generalsinnes verschafft uns das Auge Raumwahrnehmungen; wir gelangen zur Anschauung der Gestalten der Aussendinge, indem dieselben Bildchen entwerfen auf der empfindenden Netzhaut des Auges.

372. Sehapparate.

Für blosse Lichtempfindungen, zur Unterscheidung von Hell und Dunkel, genügt ein einfaches Organ, z. B. die sog. Augenpunkte vieler niederen Thiere (z. B. Ringelwürmer, Seesterne, Quallen). Sie bestehen in kleinen Pigmentanhäufungen an der Peripherie eines lichtempfindenden Nerven.

Das Formensehen dagegen verlangt eigenthümliche dioptrische Werkzeuge: die Augen, die in allem Wesentlichen viel übereinstimmender gebaut sind, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Vor der den Lichtreiz aufnehmenden Nervenhaut sind durchsichtige, lichtbrechende Medien gelagert. Diese bewirken 1) dass die Lichtstrahlen, welche ein Objektpunkt in das Auge sendet, auf einen bestimmten Punkt der Netzhaut vereint werden; sie verhüten also 2) dass eine Netzhautstelle Licht empfängt von verschiedenen Stellen der Aussenwelt und ermöglichen dadurch die Entwerfung deutlicher Netzhautbildchen der äussern Objekte. Endlich ist 3) durch die Vereinigung der von einem Objektpunkt ins Auge fahrenden Lichtstrahlen auf einen Netzhautpunkt für die gehörige Lichtmenge gesorgt. Alle übrigen optisch denkbaren Vorrichtungen sind physiologisch unmöglich, weil die Netzhautbildchen zu lichtschwach wären. Jedes einzelne der vielen zusammengesetzten Augen der Insekten ist in allem Wesentlichen gebaut wie die einfachen der höhern Thiere.

Die neuere Anatomie hat einen sehr complicirten geschichteten Bau der Retina nachgewiesen (Hannover, Pacini, H. Müller), worüber die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie nachzuschlagen sind. Für die Physiologie besonders merkwürdig sind die sog. Stäbchen und Zapfen der äussersten Retinaschicht (der früheren Tunica Jacobi) und die innerste Retinalage: die sehr feine Schicht der ausstrahlenden Opticusfasern. Nach H. Mülle schicken die Stäbchen und Zapfen durch die Mittelschichten der Retina Ausläufer zu den Opticusfasern. Erst später näher zu erörternde Gründe sprechen dafür, dass die Stäbchen und Zapfen, nicht aber die eigentlich nervösen Elemente der Opticus-

fasern die lichtaufnehmenden Organe sind, nämlich 1) der gelbe Fleck ist der empfindlichste Theil der Netzhaut; er enthält keine Nervenfasern, sondern vorzugsweis sog. Zapfen. 2) Die peripheren Retinastellen sind weniger empfindlich; hier nehmen die Zapfen bedeutend ab. 3) Im Cephalopodenauge sind nur die Zapfen und Stäbchen dem Licht ausgesetzt, die Nervenfasern dagegen durch Pigment vor Lichtzutritt geschützt. Weitere Beweise s. 415 und 444.

A. Hülfsapparate.

373. Aeussere Schutzorgane.

Auglider. Sie beschatten das Auge und schützen es gegen fremde Körper. Die Bewegungen sind willkürlich oder, jedoch nur die Schlussbewegungen, reflektorisch und zwar, den meisten übrigen Reflexbewegungen gegenüber, auffallend schnell. Die Schliessung der Lidspalte (M. orbicularis palpebr. innervirt vom N. facialis) erfolgt überhaupt schneller als die Oeffnung (M. levator palpebrae sup. abhängig vom N. oculomotorius, der Muskel kommt übrigens auch nach Reizung des sympathischen Halsgrenzstranges in Thätigkeit).

Mehrere *Befeuchtungsmittel des Auges* erleichtern die Bewegungen des Augapfels und ersetzen die oft sehr starken Verdunstungsverluste der Bindehaut und erhalten dadurch die Transparenz der Hornhaut. Dazu tragen bei: 1) Sekret der Meibom'schen Drüsen, es dient als Einölungsmittel; 2) Schleimsekret der Bindehaut und zwar vorzugsweis der traubigen Drüschen derselben; 3) Thränen. Sie sind quantitativ das wichtigste dieser Secrete, ohne dass jedoch die Bindehaut aufhört feucht zu sein, nach Ausschneidung der Thränendrüsen. Die Thränen sind wasserhell, schwach alkalisch, trüben sich etwas beim Kochen (kleiner Eiweissgehalt) und führen etwa 1% Fixa (darunter die Hälfte Aschenbestandtheile, besonders Chlornatrium und Phosphate). Man kennt bloss die entfernten Ursachen, die auf die Thränensekretion von Einfluss sind, nämlich 1) Reizungen im Gebiete des Trigeminus (besonders der Bindehaut, Nasenschleimhaut, auch Zunge u. s. w.). 2) helles Licht, 3) psychische Einflüsse als Veranlassungen des verschiedene Gemüthszustände begleitenden Weinens, 4) Hemmungen des venösen Rückflusses vom Kopf (anhaltendes Lachen, Husten, Brechen u. s. w.). Die Augenfeuchtigkeiten werden, bei mässiger Secretion, entfernt durch Verdunstung und durch Ueberleitung in die Nasenhöle. In letzterem Falle sind besonders von Einfluss: die Capillarwirkungen der Thränenpunkte, die Contraktionen des Orbicularis palpebrarum und dessen Appendix: des Thränensackmuskels, vielleicht auch die Luftverdünnung in der Nasenhöle, insofern sie bei schnellem und tiefem Einathmen aspirirend wirken könnte auf den Inhalt des Thränensackes.

374. Augenbewegungen.

Das ruhige Auge hat ein Sehfeld von ungefähr 120 Graden; vollkommen deutlich ist aber nur der Theil des Sehfeldes, dessen Netzhautbildchen auf den gelben Fleck fällt (s. 414). Eine von der Mitte des letzteren bis zur Mitte der

Hornhaut gezogene Gerade heisst Sehaxe (optische Axe), in deren Verlängerung der am deutlichsten gesehehene Punkt des Sehfeldes liegt. Die Einstellung der Sehaxe auf einen beliebigen Punkt der Aussenwelt geschieht mittelst Drehungen des Körpers, Bewegungen des Kopfes, oder endlich vermöge der sehr schnell und nach allen Richtungen erfolgenden Bulbusbewegungen. Die durch ihren Nervenreichthum ausgezeichneten äussern Muskeln des Augapfels sind dem Willen unterthan. Das Auge kann ohne wesentlichen Fehler, als eine Kugel betrachtet werden, bei deren Bewegung bloss ein Punkt unbeweglich bleibt: der sog. Drehpunkt, den wir der Einfachheit wegen (keine der weiteren Ableitungen wird dadurch wesentlich unrichtig), in die Mitte der Sehaxe verlegen.

Den Betrachtungen muss eine bestimmte Ausgangsstellung zu Grunde liegen und zwar (für unsern nächsten Zweck am Besten) die Ruhelage des Auges, charakterisirt, bei aufrechter Haltung des Kopfes, durch die horizontal und gerade nach vorn gerichtete Sehaxe. Zieht man nach den 3 Dimensionen des Raumes Linien durch das Auge, die sich im Drehpunkt rechtwinkelig schneiden, so erhält man: 1) die Tiefenaxe; in ihr liegt, bei unserer Ausgangsstellung die Sehaxe; 2) die Queraxe; die Axe 1 und 2 liegen (bei unserer Voraussetzung) in derselben horizontalen Ebene; 3) die Höhenaxe.

Die senkrechten Augenbewegungen erfolgen schneller als gleichgrosse, wagrechte oder schiefe; der wagrechte Durchmesser des Sehfeldes ist auch grösser als der senkrechte und bedarf also einer Beherrschung in etwas geringerem Grade. Die Geschwindigkeit ist fast momentan und der Messung kaum mehr zugänglich. Sucht man aber 2 Punkte des Sehfeldes in möglichst rascher Folge 10—20mal abwechselnd zu fixiren, so ergiebt sich für eine grössere Augenbewegung ein ansehnlicher Bruchtheil einer Zeitsekunde (Volkmann). Das Umspringen der Aufmerksamkeit und die Muskelanstrengung veranlassen diese Verzögerung; die wahre Zeitdauer einer einmaligen Augenbewegung kann somit auf diese Weise nicht gemessen werden.

375. Augenmuskeln.

Je zwei der 6 Augenmuskeln stehen unter sich in einem (wir können für unsere Zwecke geradezu annehmen vollkommenen) Antagonismus und rollen das in der Ausgangsstellung befindliche Auge um eine gemeinsame Drehungsaxe. Die drehenden Kräfte um die Höhenaxe sind Musc. rectus internus und externus, während der rectus superior (Fig. 75 *ss*) und inferior das Auge um Axe II' II' rotiren, die der Queraxe II II verhältnismässig nahe liegt. Die beiden letzteren Muskeln bilden mit der Sehaxe SS einen Winkel von 19°; ihre horizontal gerichtete Drehaxe II' II' geht also schräg von vorn und innen etwas nach hinten und aussen.

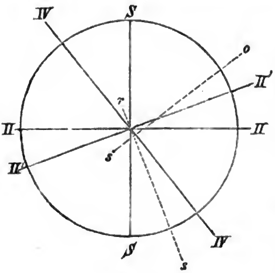


Fig. 75.
Obere Halbkugel des *linken* Auges.

Der Musculus obliquus superior wirkt in der Richtung seiner Sehne von *o* nach *s*. Die Sehne befestigt sich, in *s* am äusseren, hinteren, oberen Quadranten des Augapfels. Der M. obliquus inferior inserirt am äusseren, hinteren, unteren Quadranten. Beide Muskeln liegen (ungefähr) in derselben senkrechten Ebene, die (wie die punktirte Linie *os* zeigt) einen Winkel von etwa 25° mit der Sehaxe SS bildet Zieht man eine Gerade rechtwinklig auf diese Ebene durch den Drehpunkt, so hat man die Drehaxe der Obliqui (IV—IV), sie geht also in der horizontalen Trennungsebene des Auges nach rückwärts und einwärts und bildet nach Rüte mit der Sehaxe einen Winkel von 38°.

Der obliquus superior würde allein für sich, das Auge so rotiren, dass das vordere Ende der Sehaxe aus- und abwärts gerichtet ist; der obliquus inferior dagegen nach aus- und aufwärts. Diese Bewegungen können aber nicht die Aufgaben der Obliqui sein; denn sie sind auch erreichbar durch Combination je zweier Musculi recti. Die Obliqui sind Antagonisten der Recti, sie ziehen den Bulbus nach vorn und erleichtern jedenfalls das Balancement desselben in der Augenhöle. Die Drehaxe der Obliqui kommt der Sehaxe viel näher, als die Axen der Recti; die Obliqui können desshalb Drehungen um Axen, die mehr von vorn nach hinten durch das Auge gehen, am leichtesten einleiten, resp. verhüten oder verringern.

376. Zusammenwirken der Augenmuskeln.

Bei fast allen Augenbewegungen sind mehrere Muskeln betheiligt. Das Zusammenwirken aber der Muskeln bei einer bestimmten Bewegung kann nicht auf direktem Versuchswege ermittelt werden. Man ist desshalb genöthigt, von gewissen Voraussetzungen auszugehen und z. B. anzunehmen, bei einer bestimmten Drehung des Bulbus seien jeweils thätig diejenigen Muskeln, deren Bulbusansätze den Muskelursprüngen genähert werden. Ist diese, offenbar auf Zweckmässigkeitsgründen basirende Voraussetzung unter allen Umständen richtig (was dahingestellt bleiben mag), so müssen fast immer 3 Muskeln thätig sein. Das Nachfolgende setzt wiederum die früher definirte Ausgangsstellung voraus. 1) 1 Muskel ist thätig: bei reinen Horizontalbewegungen (entweder M. rectus internus oder externus). 2) 2 Muskeln sind thätig: bei reinen Vertikalbewegungen; und zwar a) nach aufwärts: der rectus superior und obliquus inferior; b) nach abwärts: rectus inferior und obliquus superior. 3) 3 Muskeln sind thätig in allen übrigen Fällen; nämlich je 2 benachbarte Recti und, beim Abwärtsbewegen: obliquus superior, beim Aufwärtsbewegen: obliquus inferior.

Z. B. nach oben und innen: rectus sup., rectus int. und obliq. infer. Rüte's Ophtalmotrop versinnlicht dem Anfänger diese Verhältnisse. An einer frei rotirenden Kugel sind die Zugsrichtungen der Muskeln in einer, dem Auge entsprechenden Anordnung angebracht. Schnüre, die an einem Ende elastisch sind, stellen die Muskeln dar; die Verkürzungen und Verlängerungen der Schnüre wären demnach annähernd Ausdrücke der absoluten Verkürzungen und Verlängerungen der Muskeln bei einer bestimmten Bewegung.

377. Beherrschung des Sehfeldes durch die Augenbewegungen.

Die Augenbewegungen können nur begriffen werden im Zusammenhang mit ihren Aufgaben für den Sehakt. Die oberste dieser Aufgaben ist die vollständige Beherrschung des Sehfeldes. Von den vielen Rotationen, die dem Auge möglich sind, mussten vor allem ausgeschlossen bleiben die Drehungen des Bulbus ausschliesslich um die Sehaxe, die reinen, sog. Radbewegungen des Auges. Das Netzhautbildchen des Viereckes *aa*, Fig. 76, welches sich in der eben vorhandenen Augenstellung auf die 4 Quadranten der Retina gleichmässig vertheilt, würde nach erfolgter Raddrehung bloss auf andere Stellen fallen. Eine solche Veränderung würde nichts beitragen zur Beherrschung des Sehfeldes, ja sie müsste das Auge dem Sehfeld gegenüber gänzlich desorientiren. Die dem Sehakt allein zuträglichen Rotationen sind demnach diejenigen, welche Einstellungen der Sehaxe auf jeden beliebigen Punkt des Sehfeldes gestatten; es werden desshalb gefordert: 1) reine Auf- und Abwärtsbewegungen des Vordertheils der Sehaxe, 2) reine Ein- und Auswärtsbewegungen und 3) unendlich viele Bewegungen in Mittelrichtungen, so dass am Ende derselben die Sehaxe auf einen bestimmten Punkt der 4 Sehfeldsquadranten eingestellt ist. Diese Einstellung geschieht 1) vermittelst reiner Sehaxenbewegungen, oder 2) so, dass mit den Sehaxenbewegungen sich combiniren schwache Raddrehungen. Beide Fälle werden in den zwei folgenden Paragraphen erläutert.

378. Reine Sehaxenbewegungen.

Figur 76 stelle die hintere Halbkugel des Bulbus von hinten gesehen dar; *vv* sei die vertikale Trennungslinie, welche die Retina in eine rechte und linke Hälfte theilt, *hh* die horizontale Trennungslinie von analoger Bedeutung. Wir haben zunächst zu unterscheiden 1) Drehung des Bulbus um die Queraxe (Auf- und Abwärtsbewegung des Auges, resp. Vordertheiles der Sehaxe); 2) Drehung um die Höhenaxe (Ein- und Auswärtsbewegung). In beiden Fällen, so nehmen wir weiter an, liegen die Drehaxen in derselben Ebene, d. h. derjenigen, die den Bulbus in eine vordere und hintere Halbkugel scheidet, was zugleich die Annahme einer konstanten Drehaxe involvirt. Immer ist bei diesen Bewegungen die Sehaxe senkrecht zur Drehaxe, alle Punkte des Auges bewegen sich in parallelen Ebenen, eine Raddrehung ist somit ausgeschlossen und der Parallelismus der vertikalen Trennungslinien beider Augen ist unverändert gewahrt.

Diese reinen Sehaxenbewegungen, wie man sie füglich nennen kann, sind sehr beschränkt: sie kommen nämlich, nach Meissner, bloss vor: 1) als Rotationen um die Queraxe, also bei den Auf- und Abwärtsbewegungen der Augen, vorausgesetzt dass die Sehaxen parallel und gerade nach vorn gerichtet sind, und 2) als Rotationen um die Höhenaxe, also bei Ein- und

Auswärtsbewegungen der Augen, jedoch unter der beschränkenden Bedingung, dass die Sehaxen 45° (nach Recklinghausen bloss 35°) unter den Horizont geneigt sind.

Alle übrigen Augendrehungen, also die unendliche Majorität derselben, sind keine reinen Sehaxenbewegungen, sondern verbunden mit den sog. Raddrehungen.

379. Sehaxenbewegungen verbunden mit Raddrehungen.

Diese Bulbusbewegungen müssen zerlegt werden 1) in Drehungen um die Höhenaxe, 2) die Queraxe und 3) die optische Axe selbst; diese letzteren sind aber nur gering (nach Meissner betragen sie nur wenige Grade), mit anderen Worten: die gemeinschaftliche Drehaxe (wir nehmen vorerst an, dieselbe bleibe konstant während der ganzen Bewegung) tritt auch in diesen Fällen nicht sehr erheblich aus der im vorigen Paragraphen definirten Ebene heraus, welche den Bulbus in eine vordere und hintere Halbkugel scheidet.

Zur Messung der Raddrehungen (es kann hier nur auf die am Kürzesten exponirbare Methode eingegangen werden) benützten Rüte und nach ihm Donders und Wundt die Veränderungen der Stellungen der Blendungsbildchen der Augen. Sieht man (s. 439) einen stark leuchtenden Gegenstand einige Zeit an und wendet dann den Blick auf eine andere Stelle des Raumes, so erscheint auf letzterer ein Nachbild des Gegenstandes in dessen früheren Gestalt. Betrachtet man eine schmale senkrechte Linie, so bleibt nach erfolgter Augenbewegung das Nachbild der Linie entweder senkrecht, dann hat sich die Lage der Netzhautstellen zur Sehaxe nicht verändert; oder 2) es zeigt eine kleine (messbare) Neigung gegen die Senkbleilinie; es haben sich nunmehr alle Theile des Auges um die Sehaxe, wie ein Rad um seine Axe, gedreht.

Die wichtige Bedeutung der Raddrehungen für den Sehakt liegt darin dass das Auge bei jeder speciellen Richtung seiner Sehaxe eine bestimmte Lage hat. Diese Lage ist am Einfachsten charakterisirt durch die Neigung der vertikalen Trennungslinien gegen die Ebene, in welcher beide Sehaxen (also auch der fixirte Punkt) liegen: die sog. Visierebene. Die vertikalen Trennungslinien beider Augen sind aber senkrecht zur Visierebene bloss bei den reinen Sehaxenbewegungen, also (nach 378) 1) beim Parallelismus der gerade vorwärtsgerichteten Sehaxen. Daraus folgt einfach: Die Richtung der vertikalen Trennungslinien nähert sich um so mehr der senkrechten, je weiter der fixirte Punkt sich vom Auge entfernt, d. h. je mehr die Sehaxen dem Parallelismus sich nähern. Je convergenter die Sehaxen werden, desto grösser wird die Neigung der vertikalen Trennungslinien gegen einander, so zwar, dass ihre obern Enden aus einander weichen (s. Fig. 76 $v'v'$). Ausserdem sind 2) die vertikalen

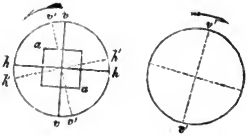


Fig. 76.

Trennungslinien senkrecht zur Visierebene bei einer Neigung der Sehaxen 45° unter den Horizont. Ist die Visierebene stark aufwärts gerichtet, so treten die oberen Enden der vertikalen Trennungslinien relativ am stärksten auseinander (wie in Fig. 76); mit zunehmender Senkung der Visierebene nähern sich die verticalen Trennungslinien dem Parallelismus, um bei 45° unter dem Horizont genau parallel zu werden und endlich bei noch stärkeren Senkungen der Visierebene wieder aus einander zu weichen, jedoch so, dass die untern Enden der vertikalen Trennungslinien sich von einander entfernen (Meissner).

380. Constanz oder Wechsel der Drehaxe während einer Augenbewegung.

Mit der Bestimmung der Augenstellung am Beginn und Ende einer Bewegung ist selbstverständlich noch nichts ausgesagt über die Bewegung selbst; denn das Auge kann möglicher Weise den Uebergang von einem Sehfeldspunkt zu einem anderen entweder immer auf dem direktesten Weg, oder auf irgend welchen (konstanten oder variabelen) Umwegen ausführen. Man hat mit Listing, Meissner und Anderen, häufig angenommen, der gerade Weg werde immer eingeschlagen, mit anderen Worten: im Verlauf der Bewegung werde eine und dieselbe Drehaxe beibehalten; Manche betrachteten sogar diese Constanz der Drehaxe als ein wesentliches Unterstützungsmittel für die Thätigkeit der Augenmuskeln.

Die Erfahrung bestätigt aber eine solche Einfachheit der Verhältnisse nicht; wir können 1) wenigstens die Contouren einer sehr komplicirten Figur leicht und schnell umgehen, wobei die Drehaxen beständig wechseln; 2) die in das Sehfeld projicirten Blendungsbildchen beschreiben beim Uebergang aus einer bestimmten Augenstellung in eine andere bestimmte Stellung nicht nothwendig jedesmal denselben Weg; sie machen z. B. Bogenlinien. Ohne Zweifel ist dem Auge eine gewisse Freiheit gegeben; immer aber, die vollführte Bewegung mag gewesen sein, welche sie wolle, ist das Auge, wenn die Sehaxe eingestellt ist, in einer bestimmten Lage zur Sehaxe, d. h. das Auge ist allemal richtig orientirt.

Es scheint übrigens, dass beim Uebergang aus einer Augenstellung in eine andere einer bestimmten Bewegung in der Regel der Vorzug gegeben wird. Sichere und zahlreiche Erfahrungen hierüber fehlen aber noch. Wundt vermuthet, gestützt auf einige Versuche, das Princip sei folgendes: diejenige Linie, welche die Sehaxe zwischen zwei Punkten des Sehfeldes am Ungezwungensten fixirend verfolgt, ist die, welche die Sehaxe einschlagen würde bei freier, ihr nicht vorgeschriebener Bewegung. Nach Wundt wird von der Ausgangsstellung aus der gerade Weg bloss dann eingeschlagen, wenn die beiden Punkte des Sehfeldes senkrecht oder horizontal gegen einander

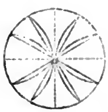


Fig. 77.

gestellt sind, während bei allen anderen Richtungen die Sehaxe immer Bogenlinien beschreibt; und zwar soll die Bewegung nach Aussen in Bogen geschehen, die nach Aussen convex sind, die Bewegung nach Innen in Bogen, deren Convexität nach Innen gerichtet ist. Am stärksten sei die Bogenkrümmung der von der Sehaxe beschriebenen Linie, wenn die 2 Punkte des Sehfeldes einen Winkel von 45° gegen den Horizont bilden (s. Fig. 77).

Die beste Versuchsform wird wohl die sein, dass man zwischen 2 Punkten mehrere Bogenlinien zieht. Die Linie, welche in gleichen Zeiten am häufigsten von den Augenbewegungen hin- und her durchlaufen wird, dürfte den auch von der freien Bewegung vorzugsweise eingeschlagenen Weg bezeichnen.

381. Iris und Pupille.

Die Iris hält, vermöge des Pigmentbeleges an ihrer Hinterwand, die Lichtstrahlen ab vom Rand der Linse, wodurch die Netzhaut vor zu grellem Licht geschützt wird. Das Sehloch ist übrigens nicht genau in der Mitte der Iris, sondern etwas nach einwärts gerückt. Der in der Leiche im Mittel etwa 6 Millimeter betragende Pupillendurchmesser schwankt im Lebenden sehr bedeutend. Die Verengerung der Pupille wird bewirkt durch die, am Annulus minor iridis befindliche kreisförmige Muskelschicht, die Erweiterung dagegen durch die radiären Muskelfasern der Iris. Die Vogelpupille verändert sich sehr schnell. Die Kreismuskulatur gehört nämlich zum animalischen System; langsamer erfolgen die Bewegungen im Säugthier, dessen Iris organische Muskelfasern besitzt. Die Verengung der Pupille geschieht, was für das Sehen nicht unwesentlich ist, etwas schneller als die Erweiterung.

Iris und Pupille erscheinen grösser und der Hornhaut näher, als den natürlichen Verhältnissen entspricht; bringt man aber das Auge unter Wasser, so ist die Hornhaut beiderseits von Flüssigkeiten von nahezu gleichem Brechungsvermögen umgeben und die Täuschung verschwindet.

Drei Nerven geben Zweige für die Iris ab; diese treten zunächst zusammen zur Bildung des Ciliarganglions, welches in zwei Bündeln eine Anzahl Nervi ciliares breves entlässt, die die Sclerotica durchbohren, zwischen dieser und der Choroidea nach vorn verlaufen und vorzugsweise die Ciliarmuskeln und die Iris versorgen. Man untercheidet 3 sog. Wurzeln des Ciliarganglions: 1) Die lange Wurzel: vom N. nasociliaris des ersten Astes des Trigeminus, 2) die kurze: vom N. oculomotorius und 3) die in der Regel an die kurze sich anlegende mittlere Wurzel: ein dünnes Fädchen vom Plexus caroticus stammend. Uebrigens entlässt der N. nasociliaris direkt den (öfters doppelten) Nerv. ciliaris longus, der vor seinem Einsenken in die Sclerotica mit einem N. ciliaris brevis sich verbindet, im Auge selbst aber denselben Verlauf nimmt, wie die kurzen Ciliarnerven.

382. Motorische Irisnerven.

Der N. oculomotorius beherrscht die Kreismuskulatur der Iris; nach seiner Reizung wird die Pupille eng; nach der Durchschneidung wird sie weit.

Die sympathischen Fasern versorgen die Radialmuskulatur der Iris. Nach Durchschneidung des Halsstranges des Sympathicus wird, wie schon Petit fand, die Pupille derselben Seite eng; die Radialmuskeln sind nunmehr gelähmt, die Kreismuskeln dagegen unversehrt. Nach elektrischer Reizung des Hals-

sympathicus wird dagegen die Pupille weit (Valentin, Biffi). Budge und Waller zeigten, dass Reizung des Vorderstranges des Rückenmarkes in der Höhe der 2 obersten thoracischen und der 2 untersten Cervicalnerven die Pupille derselben Seite erweitert; während nach Exstirpation der genannten Stelle, wie beim Petit'schen Versuch, die Pupille sich verengt.

Diese und andere Controllversuche zeigen, dass die zur Iris verlaufenden sympathischen Fasern, wie schon Valentin angedeutet hatte, ihr Centrum im Rückenmark haben. Dieselben treten über in die Vorderwurzeln der respectiven Rückenmarksnerven, durch die Rami communicantes in den sympathischen Grenzstrang und in diesem aufwärts zum Auge.

383. Natürliche Form der Pupille.

Die Pupille hängt nach 381 von zweien, im Antagonismus angelegten Muskelfasersystemen ab, ohne Zweifel aber so, dass eine bestimmte Pupillenweite, also auch der Uebergang von einem Pupillendurchmesser zu einem anderen, durch mannigfaltige Combinationen der Thätigkeitsgrade beider Muskulaturen hergestellt werden kann. Die Betrachtung muss von den (möglichsten) Ruhezuständen der Irismuskeln ausgehen und als solche mögen vorläufig gelten 1) die vollständige oder doch annähernde Reizlosigkeit der Retina, d. h. fehlende oder doch nur geringe Lichtmassen und 2) die Reizungsunfähigkeit der nervösen Centraltheile des Sehapparates durch Licht, also z. B. nach Durchschneidung der Sehnerven. In beiden Fällen ist die Pupille mässig weit; diese Weite würde somit die natürliche Form der Pupille darstellen. Durchschneidet man nunmehr, also nach Trennung der Sehnerven, den N. oculomotorius, so wird die Pupille nicht weiter; lässt man hierauf die Durchschneidung des Sympathicus folgen, so wird (Budge, Schiff) die Pupille etwas enger, aber bei weitem nicht in dem Grade, wie beim unversehrten Zustand des Sehnerven und Oculomotorius. Daraus folgert Schiff: Die vom Oculomotorius abhängige Irismusculatur ist in keiner beständigen activen Spannung begriffen, wohl aber ist der vom Sympathicus beherrschte Radiarmuskel in einem permanenten Zustand mässiger Spannung; die Pupille (des Säugthiers) ist also etwas weiter, als dem vollständigen Ruhezustand der Irismuskulatur entspricht.

384. Entfernte Ursachen der Irisbewegungen.

1) Reizung der Netzhaut. Die Pupille verengt sich zunehmend mit wachsender Lichtstärke, jedoch bei verschiedenen Personen in ungleichem Grade. Diese Verkleinerung erfolgt nach dem Schema der Reflexbewegungen (Mayo), desshalb bewirkt nach Durchschneidung des Sehnerven Reizung des letzteren unterhalb der Schnittstelle keine, Reizungen dagegen (mechanische u. s. w.) oberhalb des Schnittes schnell eintretende Verengung der Pupille. Das reflektirende Centralorgan ist nach Flourens das vordere Vierhügelpaar. Wird dieses exstirpirt, so bleibt die Pupille auch beim stärksten Lichtreiz starr, ein Zustand, der auch in klinischen Fällen von totaler Lähmung des Oculomotorius beobachtet worden ist. Wird nur ein Auge vom Licht getroffen, so verengt sich

auch die Pupille des anderen, allerdings in geringerem Grade. Dasselbe ist (in der Regel) der Fall nach direkter Reizung eines der vorderen Vierhügel. Liegt der Leuchtkörper in der verlängerten Sehaxe, so kontrahirt sich nach Lambert die Pupille viel mehr, als wenn er (selbst nur wenige Grade) seitwärts sich befindet. Die seitlichen Bezirke der Netzhaut sind nämlich (414) weniger empfindlich.

2) Accommodationsveränderungen des Auges. Beim Nahesehen wird, wie schon Rhazes angab und die meisten Beobachter bestätigen, die Pupille enger, beim Fernsehen weiter. Dieses ist auch dann der Fall, wenn der Augapfel vollkommen ruhig bleibt. Beim Nahesehen kommt (s. 404) die Accommodationsmuskulatur, namentlich der Musc. ciliaris in stärkere Thätigkeit; dieser Muskel wird aber innervirt von dem, die Pupillenenge bewirkenden Oculomotorius.

3) Stärkere Convergenz beider Augen verengt die Pupille. Auch diese Bewegung hängt vom N. oculomotorius ab. In der das binoculare Nahesehen begleitenden stärkeren Convergenz beider Augen liegt somit eine weitere Ursache zur Pupillenverengerung.

4) Mehrere Narcotica, namentlich das Atropin, erweitern langsam, aber dann anhaltend, die Pupille und zwar sowohl innerlich genommen, als local auf dem Auge einverleibt. Diese, für die praktische Medicin wichtige Wirkung ist noch nicht gehörig erklärt; sie kann abhängen von 1) Reizung des Irissympathicus, 2) Lähmung des Irisoculomotorius oder 3) von beiden Momenten zugleich.

Die zahlreichen, hierüber angestellten Versuche lassen immer noch mehrfache Auslegungen zu; es kann desshalb auf die Gründe *pro* und *contra* hier nicht speciell eingegangen werden. Die Pupillenerweiterung erfolgt nach Biffi und Cramer auch nach Durchschneidung des Halssympathicus, jedoch „in geringerem Grade" als auf der unverletzten Seite. H. Braun erhielt folgende Pupillengrössen an Kaninchen:

Vor		Nach der Atropinwirkung.	
Operirte	Unverletzte	Operirte	Unverletzte Seite.
4,9	6,2	9,0	9,5 M. m.

Der Pupillendurchmesser nach der Einverleibung des Mittels steht darnach nur in seinem absoluten Werth etwas hinter dem der unverletzten Seite, während die Zunahme des Durchmessers auf der operirten Seite, absolut und relativ genommen, grösser ist.

Einzelne Menschen sollen die Pupille (bei unveränderter Lichtstärke und unbewegtem Augapfel) willkührlich bewegen können, nach manchen Angaben, wenn sie sich hell oder dunkel vorstellen (?); nach anderen Behauptungen bei willkührlichen Accommodationsanstrengungen. Die Trigeminuseinflüsse s. 385.

385. Trigeminusfasern der Iris.

Die sensibelen Fasern der Iris stammen vom Trigeminus, welcher ausserdem auch die Blutgefässe des Auges mit vasomotorischen Fasern vorzugsweise zu

versorgen scheint. Nach der Durchschneidung dieses Nerven in der Schädelhöle (Magendie) entsteht immer eine abnorme Blutfülle (Hyperämie) des Auges. Letzteres ist, sowie der ganze Verbreitungsbezirk des Nerven in der Gesichtshaut, gefühllos; die Bindehaut secernirt stärker; Iris und Cornea gerathen in Entzündung; letztere wird trüb, kann selbst verschwären und aufbrechen, sodass die Augenflüssigkeiten auslaufen und der Augapfel in einen Stumpf verwandelt wird. Mehr oder weniger analoge Zustände wurden auch in einzelnen Fällen von Trigeminuslähmungen am Menschen beobachtet. Die Desorganisation des Auges, gewöhnlich als Folge der Lähmung der vasomotorischen Nerven desselben aufgefasst, geht übrigens nicht immer so weit; ihr Eintreten wird begünstigt (aber nicht ausschliesslich hervorgerufen, Schiff) durch mechanische Einwirkungen, indem die Thiere das Auge häufig anstossen, oder die gefühllos gewordenen Körperstellen durch Reibung u. dergl. beschädigen.

Früher leitete man die Gefässnerven (oder „trophischen" Nerven) des Auges vom Ganglion Gasseri ab und glaubte, dass die Desorganisation ausbleibe, wenn der Nerv zwischen Gehirn und Ganglion durchschnitten werde. Schiff widerlegte diese Behauptung. — Nach Budge setzt übrigens Trigeminusreizung vorübergehend auch Pupillenenge und zwar selbst dann, wenn alle anderen Augennerven vorher durchschnitten werden, sodass der Verdacht einer Reflexbewegung beseitigt ist. Der Hauptnerv der Circulärfasern der Iris ist übrigens jedenfalls der Oculomotorius; bei manchen Säugthierarten fehlt sogar die erwähnte Wirkung des Trigeminus vollständig (Schiff).

B. Katoptrische und dioptrische Erscheinungen.

386. Spiegelbildchen des Auges.

Ein Theil des in das Auge fallenden Lichtes wird regelmässig und zwar so zurückgeworfen, dass die Trennungsfläche der einzelnen Augenmedien als förmliche Spiegel wirken. Von einer vor das Auge gehaltenen Lichtflamme erhält man, wie Purkinje zeigte, 3 Bildchen. Fällt z. B. das Flammenlicht von einer Seite in das Auge, so gewahrt der, auf der anderen Seite stehende Beobachter — Licht und Beobachter sollen gleiche Winkel, etwa 20°, mit dem Auge des Beobachteten bilden — die Spiegelbildchen *c*, *v* und *h* der Figur 78. *c* rührt her von der Cornea und wird in die Nähe des einen Pupillenrandes projicirt; *v* kommt von der vorderen, *h* von der hinteren Fläche der Linse. Den Regeln der Katoptrik gemäss sind *c* und *v* aufrecht, die resp. Spiegelflächen sind convex; *h* ist verkehrt, die hintere Linsenfläche ist nämlich ein Concavspiegel. *v* ist das grösste, *h* das kleinste; *c* das deutlichste und lichtstärkste, *v* das am wenigsten scharf contourirte und lichtärmste der drei Bildchen.



Fig. 78.

Weiteres s. in 403. Hohlspiegel geben verkehrte, verkleinerte reelle Bilder, wenn das Objekt von der spiegelnden Fläche ferne liegt oder sich der letzteren höchstens bis gegen den Krümmungsmittelpunkt des Spiegels nähert. Convexspiegel geben immer aufrechte und verkleinerte Bilder und zwar um so kleiner, je konvexer die Spiegel sind.

387. Allgemeine dioptrische Aufgabe des Auges.

Kepler gab zuerst den speciellen theoretischen Beweis, dass das Auge wie eine Sammellinse wirkt. Die Strahlen nämlich, welche von einem gesehenen Leuchtpunkt in das Auge fallen, erhalten durch die dioptrischen Medien des Auges solche Richtungen, dass sie sich wieder in einem Punkt der Netzhaut schneiden. Ein Sehobjekt ist gewissermaassen eine Mosaik unendlich vieler solcher Leuchtpunkte; es entspricht somit jedem Bezirk des Sehobjektes ein (Miniatur)bezirk der Netzhaut und das Sehobjekt entwirft auf der Netzhaut ein flächenhaftes Bildchen. Es gleicht desshalb das Auge im Allgemeinen der bekannten Vorrichtung der Camera obscura. Die physiologische Dioptrik untersucht den Gang der Lichtstrahlen in den brechenden Medien des Auges und die Entstehung, sowie die Eigenschaften des Netzhautbildchens.

Scheiner demonstrirte zuerst die objektiven Netzhautbildchen. Dieselben werden am Besten im ausgeschnittenen Auge eines weissen Kaninchens oder, nach Wegpräpariren der Sclerotica und Choroidea, auch an jedem pigmentirten grösseren Säugthierauge untersucht. Man sieht auch im ersten Fall durch die durchscheinende Sclerotica hindurch die Bildchen äusserer Gegenstände mit genügender Deutlichkeit. Die Netzhautbildchen haben alle Eigenschaften der von Sammellinsen entworfenen Bildchen; sie sind umgekehrt, d. h. einer oberen oder rechten Stelle des Objektes entspricht eine untere resp. linke Stelle im Netzhautbidchen; auch geben sie die Gestalten und Farben der Objecte scharf und rein, jedoch en miniature wieder.

Die zusammengesetzten facettirten Augen der Insekten zeigen, wie schon Leuwenhoeck bekannt vor, im Grund jeder Facette ein Bildchen, welches, wenn die von Pigment umgebene Nervenschicht wegpräparirt wird, unter dem Microscop betrachtet werden kann. Auch diese Bildchen sind umgekehrt; jedes einzelne Aeuglein (deren es viele tausende giebt) muss also einen dioptrischen Apparat besitzen. Gottsche hat denselben zuerst genauer anatomisch nachgewiesen.

Alle Strahlen, die vom Punkt a des Pfeiles, Fig. 79, in das Auge geschickt werden, schneiden sich auf a', die von b ausfahrenden in b' des Augengrundes (das Retinabild musste relativ zu gross gezeichnet werden) und was von den beiden Endpunkten des Objektes gilt, bezieht sich auch auf jeden anderen Punkt des Objektes.

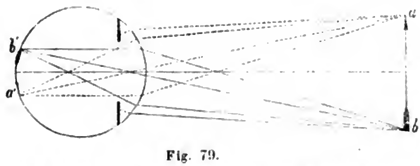


Fig. 79.

388. Gang der nachfolgenden Darstellung.

Zur Orientirung diene ein vorläufiger Ueberblick über die nachfolgende, keinerlei mathematischen Kenntnisse voraussetzende Darstellung der physiolo-

gischen Dioptrik. Zur Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen im Auge müssen gegeben sein: Die Brechungskoëfficienten und Dicken der einzelnen Augenmedien, sowie die Krümmungen ihrer Trennungsflächen. Von 389 bis 399 werden einige Grundlehren der allgemeinen Dioptrik vorausgeschickt. Auf die Betrachtung der Lichtbrechung überhaupt (389) folgen die weiteren Eigenschaften vieler brechenden Medien: das Licht zu sammeln oder zu zerstreuen (390), indem die bezüglichen Hauptthatsachen und Grundbegriffe namentlich der Lichtsammlung in 391 bis 393 an den Linsengläsern der Optiker erläutert werden. Diese letzteren bieten zwar nicht den einfachsten Fall, wohl aber die demonstrirbarsten und bekanntesten Objekte für eine einleitende Betrachtung dar.

Das Auge ist ein zusammengesetztes System lichtbrechender Medien. Man hätte demnach die Brechung von einem Medium zum anderen zu bestimmen; eine an sich sehr umständliche Aufgabe, die jedoch ausserordentlich vereinfacht werden kann, indem nämlich zwischen dem Gang der Lichtstrahlen im ersten und im letzten Medium Beziehungen stattfinden, welche ein 397 bis 398 erörtertes einfaches Construktionsverfahren zur Bestimmung der Richtung der Strahlen im letzten Medium gestatten. Zur Einleitung aber und selbst theilweisen Motivirung der betreffenden Regeln muss der einfachste Fall lichtsammelnder Anordnungen vorangeschickt werden: Die Brechung in einem aus bloss 2 Medien bestehenden Sammelsystem (395).

Im physiologischen Theil, von 399 an, wird das Wesentlichste der dioptrischen Eigenschaften des Auges selbst und deren Abänderungen, sowie die Bestimmung der Netzhautbildchen gegebener Objekte erläutert.

a. Physikalische Dioptrik.

389. Lichtbrechungsvermögen.

Ein Lichtstrahl, der senkrecht übergeht aus einem Medium in ein zweites von anderer Dichtigkeit, setzt seine ursprüngliche Richtung fort; fällt er aber schief auf, so verändert er im zweiten Medium seine Richtung, er wird »gebrochen«. Jedoch liegen der einfallende und der gebrochene Strahl in derselben Ebene.

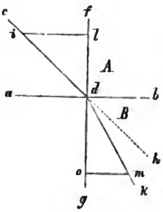


Fig. 80.

ab sei die Grenze des dünneren Mediums A und des dichteren B; cd die Richtung des einfallenden Strahles; fg eine durch den Einfallspunkt d auf ab gezogene Senkrechte (Einfallsloth); also cdf der Einfallswinkel des Strahles. Letzterer geht in B nicht in der Richtung dh fort, sondern er wird in dem dichteren Mittel dem Einfallsloth zugelenkt, seine Richtung sei dk. Macht man nun $di = dm$ und zieht von i und m Senkrechte auf fg, so ist $\frac{il}{om}$ der Brechungscoëfficient; derselbe ist immer grösser als 1 beim Uebergang in ein dich-

teres Medium; in Fig. 80 ist $il = 3$, $om = 2$ Längeneinheiten, also das Brechungsverhältniss $^3/_2 = 1{,}5$. Geht umkehrt der Strahl kd aus B in A über, so wird er in dem dünneren Mittel von dem Einfallsloth abgelenkt, seine Richtung ist jetzt dc und das Brechungsverhältniss $= \frac{om}{il}$ also kleiner als 1, was immer der Fall ist beim Uebergang aus einem dichteren Medium in ein dünneres.

Zur Vergleichung der Brechungsvermögen der Körper nimmt man immer an, dass die Lichtstrahlen übergehen aus Luft in den brechenden Körper; dann ist der Brechungscoëfficient z. B. des Wassers 1,336 (rund $^4/_3$), des Glases 1,535 ($^3/_2$). Diese Werthe stellen den sog. absoluten Brechungscoëfficienten dar. Ist letzterer von zwei Körpern gegeben, so folgt daraus die Stärke der Brechung, wenn das Licht aus einem dieser Körper übergeht in den andern: der sog. relative Brechungscoëfficient. Die Brechungen sind am Stärksten zwischen Gasen einerseits und tropfbarflüssigen oder festen Körpern andererseits; geringer zwischen letzteren unter sich. Das Glas z. B. bricht stärker das Licht als Wasser, also muss ein Lichtstrahl beim Uebergang vom Wasser in Glas wiederum dem Einfallsloth zugelenkt werden; der relative Coëfficient für diesen Fall ist $\frac{1{,}535}{1{,}336} = 1{,}149$.

390. Lichtsammelnde und zerstreuende Anordnungen.

Die durchsichtigen Medien des Auges bieten Trennungsflächen, die als sphärisch angenommen werden können; die physiologische Dioptrik beschränkt sich desshalb auf den Gang der Lichtstrahlen in Medien von der angegebenen Form. Man unterscheidet 2 Hauptsysteme solcher dioptrischen Anordnungen: je nachdem die weniger brechende Substanz auf der convexen oder der concaven Seite der Trennungsfläche liegt. Im ersten Fall werden die Strahlen nach der Brechung einander genähert: sammelndes System; im zweiten Fall werden sie nach der Brechung von einander entfernt: zerstreuendes System.

Die Linsen der Optiker gehören hieher; sie zerfallen in convexe (sammelnde) und concave (zerstreuende).

391. Convexlinsen.

Wir beschränken uns auf die *bi*convexen und zwar speciell auf solche mit gleichmässigen Krümmungen beider sphärischen Oberflächen. In Fig. 81 ist c der optische Mittelpunkt der Linse (derselbe ist keiner kurzen, für alle Sammellinsen gültigen Definition fähig); in der Geraden, welche die Krümmungsmittelpunkte $m\ m$ beider Linsenflächen mit einander verbindet, liegt die Hauptaxe oder Linsenaxe schlechtweg; in einer Geraden ll', die gezogen wird von irgend einem ausserhalb der Hauptaxe liegenden Leuchtpunkt l durch den optischen Mittel-

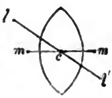


Fig. 81.

punkt der Linse liegt eine Nebenaxe und es giebt also unendlich viele solcher Nebenaxen.

I) Strahlen, die parallel mit der Hauptaxe, d. h. von unendlich weit entfernten Leuchtkörpern, auf die Linse fallen, werden so gebrochen, dass sie sich hinter der Linse schneiden und zwar in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem Focus, Hauptbrennpunkt (*f* Fig. 82). Der Abstand der letzteren von (dem optischen Mittelpunkt) der Linse heisst die Brennweite der Linse.

II) Fallen von irgend einem Punkt der verlängerten Hauptaxe divergirende

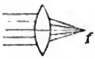


Fig 82.

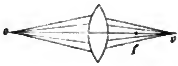


Fig. 83.

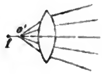


Fig. 84.



Fig. 85.

Strahlen auf die Linse, so sind 3 Fälle möglich: a) der Leuchtpunkt ist jenseits des Focus (*o* Fig. 83), dann vereinigen sich die Strahlen hinter der Linse in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem sog. Vereinigungspunkt (*v*). Letzterer liegt dem Focus um so näher, je mehr der Leuchtpunkt sich von der Linse entfernt. b) Der Leuchtpunkt liegt im Focus; nach der Brechung gehen die Strahlen parallel mit der Hauptaxe weiter (der umgekehrte Gang von Fig. 82). c) Der Leuchtpunkt (*o'* Fig. 84) liegt zwischen Focus und Linse. Nach der Brechung divergiren die Strahlen immer noch, jedoch weniger als vorher.

Liegt der Leuchtpunkt (*l* Fig. 85) in einer Nebenaxe und zwar in grösserem Abstand von der Linse als deren Brennweite beträgt, so werden die Strahlen, die derselbe divergirend ausschickt, vereinigt hinter der Linse in einem Punkt *s* der verlängerten Nebenaxe. Bezüglich des Abstandes des Vereinigungspunktes hinter der Linse gilt dieselbe Norm wie unter II. a.

392. Bilder der Convexlinsen.

Solche Linsen entwerfen verkehrte Bilder der Objekte, die am besten an der bekannten Vorrichtung der Camera obscura demonstrirt werden. Es handelt sich hierbei um I) Vereinigungsweite des Bildes, d. h. Abstand desselben hinter der Linse. Derselbe hängt ab 1) vom Brechungsvermögen der Substanz der Linse; 2) von deren Convexität (je convexer, desto stärker sammelnd wirkt die Linse) und 3) vom Abstand des Objektes von der Linse.

II) Grösse des Bildes. 1) Das Objekt steht ab von der Linse um die doppelte Brennweite: das Bild ist so gross als das Objekt. 2) Das Objekt ist zwischen doppelter und einfacher Brennweite: das Bild ist grösser als das Objekt, aber auch weiter entfernt hinter der Linse als in 1. 3) Das Objekt ist jenseits der doppelten Brennweite: das Bild ist kleiner, aber auch der Linse näher.

393. Concavlinsen.

I) Strahlen, die parallel mit der Linsenaxe *oo* Fig. 86 auffallen, divergiren nach der Brechung. Verlängert man diese gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt (der verlängerten Linsenaxe) auf der Seite der einfallenden Strahlen, dem sog. Hauptbrennpunkt *f*. Letzterer ist aber nicht reell, sondern virtuell (geometrisch), da die Vereinigung der Strahlen nicht wirklich geschieht.

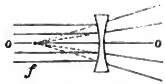


Fig. 86.

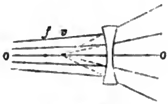


Fig. 87.

II) Fallen die Strahlen divergirend auf, so divergiren sie nach der Brechung noch mehr (Fig. 87). Verlängert man die Richtung der gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt: dem Vereinigungspunkt *v*. Derselbe liegt der Linse um so näher, je divergenter die Strahlen auf die Linse fallen, d. h. je näher der Leuchtpunkt an die Linse rückt.

III) Convergirende Strahlen. a) Ist die Convergenz so, dass die Strahlen sich schneiden im Hauptbrennpunkt (umgekehrter Fall von Fig. 86), so gehen sie nach der Brechung parallel weiter. b) Ist die Convergenz noch stärker als in a), so convergiren die Strahlen auch nach der Brechung, aber schwächer als vorher; u. s. w.

Die Zerstreuungsgläser geben keine reellen Bilder, weil die von einem Leuchtpunkt ausfahrenden Strahlen durch die Linse noch divergenter werden und sich also jenseits der Linse nicht vereinigen können.

394. Optische Cardinalpunkte eines einfachen sammelnden Systemes.

Das Grundgesetz für sammelnde Systeme (die zerstreuenden interessiren uns hier nicht), von denen als einfachen vorausgesetzt wird, dass sie bloss aus zwei brechenden Medien bestehen, lautet also: Strahlen, die mit geringer Divergenz ausfahren von einem Punkt *p* (Fig. 88) des einen Mittels, laufen nach ihrer Brechung in demselben Punkt *p'* des zweiten Mittels zusammen und umgekehrt. Man nennt desshalb *p* und *p'* durch Brechung conjugirte Brennpunkte Vereinigungspunkte).

Zur Construktion der Richtung der gebrochenen Strahlen dient folgendes elementares Verfahren: *ab* sei Trennungsfläche, *m* Krümmungsmittelpunkt derselben, *pd* einfallender Strahl. Man zieht zum Einfallspunkt *d* die Gerade *md* und deren Verlängerung *dd'*: das Neigungsloth. Also ist *x* Einfallswinkel. Von *d* aus beschreibt man einen Kreis von beliebigem Durchmesser, zieht die auf *d'm*

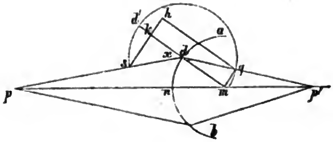


Fig. 88.

Senkrechte *sk*. Das Brechungsverhältniss sei z. B. 2. Man verlängere $sk = 2$ um $kh = 1$, ziehe mit $d'm$ die Parallele hq; dann ist dq der gebrochene Strahl und (mq ist wiederum senkrecht auf $d'm$) $\frac{sk}{mq} = 2$. Was von pd gilt, bezieht sich auf jeden Strahl des Lichtkegels bpd; die Strahlen vereinigen sich, vorausgesetzt dass sie nur wenig divergiren, in demselben Punkt p' des andern Mittels.

Von allen Strahlen des vom Punkt p ausfahrenden Strahlenkegels dpb fällt nur ein einziger senkrecht, d. h. in der Richtung des Radius des brechenden Mittels, ein; nur dieser (pn der Figur) geht ungebrochen weiter. Dieser Strahl verbindet also den Objektpunkt mit dem zugehörigen Bildpunkt; er stellt den sog. Richtungsstrahl dar. Liegen über und unter p andere Objektpunkte, so schneiden sich deren Richtungsstrahlen in demselben Punkt m (Fig. 88): dem Kreuzungs- (Knoten-)punkt der Richtungslinien.

Es sei ab, Fig. 89, Trennungsfläche eines sammelnden Systemes. Die

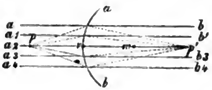


Fig. 89.

parallel einfallenden Strahlen a bis a_4 vereinigen sich in einem Punkt p' des stärker brechenden zweiten Mittels: dem zweiten Hauptbrennpunkt (Focus), dessen Abstand von der Trennungsfläche die Hauptbrennweite heisst. Gehen umgekehrt parallele Strahlen ab bis b_4 aus dem stärker brechenden Mittel in das weniger brechende, so vereinigen sie sich in einem Punkte des letzteren Mittels: dem ersten Hauptbrennpunkt p. Die Differenz der beiden Hauptbrennweiten ist = Radius (mr Fig. 89) der brechenden Fläche.

Zwei senkrecht durch die optische Axe (oo Fig. 90) am Ort des ersten und zweiten Hauptbrennpunktes (f_1 und f_2 Fig. 90) gelegten Ebenen heissen erste und zweite (FF der Figur) Focalebene. — Eine ebenfalls senkrecht zur optischen Axe durch den Scheitelpunkt r der brechenden Fläche gelegte Ebene (hh Fig. 90) heisst Hauptebene und der Punkt r selbst: der Hauptpunkt.

395. Construktionsverfahren der Brechung in einem einfachen sammelnden System.

I) Die Richtung des gebrochenen Strahles kann mittelst zweier Construktionen gefunden werden: a) Man zieht Fig. 90 vom ersten Hauptbrennpunkt bis n, d. h. zur Hauptebene (hh), eine Parallele $f_1 n$ zum einfallenden Strahl ai und

von n aus die zur optischen Axe oo parallele Linie nd und zwar bis zur zweiten Focalebene F; dann ist id die Richtung des gebrochenen Strahles. Oder 2) man zieht vom Kreuzungspunkt m der Richtungsstrahlen aus bis zur zweiten Focalebene eine Parallele zum einfallenden Strahl und hat dann wiederum in id den Weg des gebrochenen Strahles.

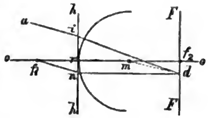


Fig. 90.

II) Bestimmung des Bildpunktes. Man zieht vom Objektpunkt P durch den ersten Brennpunkt eine Gerade; diese schneidet die Hauptebene in n. Es ist demnach, als ob Strahl Pf_1n vom Brennpunkt f_1 ausgefahren wäre; der Strahl muss somit (394) im zweiten Medium parallel zur Axe, in der Richtung nk weiter gehen. Sodann sieht man vom Objektpunkt aus durch den Kreuzungspunkt m der Richtungslinien eine Gerade; da, wo letztere die nk trifft, in k liegt der Bildpunkt. (Statt des letzteren Verfahrens kann man vom Objektpunkt aus eine mit der Axe Parallele Ps bis zur Hauptebene ziehen; jene, als ein zur Axe paralleler Strahl, muss im zweiten Medium zum Hauptbrennpunkt gehen. Da, wo beide gebrochenen Strahlen sich schneiden, in k, liegt der Bildpunkt des Objektes.

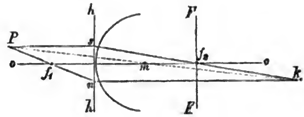


Fig. 91.

396. Bilder einfacher sammelnder Systeme.

Es sei ab Trennungsfläche der optischen Mittel, c deren Krümmungsmittelpunkt, und ox die optische Axe. mn sei ein Objekt senkrecht auf ox, doch so dass m und n nur wenig entfernt seien von ox. Wo vereinigen sich die Lichtstrahlen, welche ausgehen von den einzelnen Punkten i, m, n u. s. w. des Objektes? Punkt i sendet den Strahl id aus, dieser geht im zweiten Mittel ungebrochen weiter; alle übrigen von i auf ab ausfahrenden Lichtstrahlen schneiden sich in einem Punkt i' der optischen Axe, dessen Lage abhängt vom Abstand des Objektes mn von ab. Strahl mk des Punktes m muss ebenfalls ungebrochen weiter gehen, da er in k senkrecht auf die Trennungsfläche (in der Richtung des Radius kc) auffällt. Alle übrigen Strahlen, die von m ausgehend die Fläche ab treffen, vereinen sich nach ihrer Brechung in irgend einem Punkt der Linie kp. Da der Annahme zufolge id gross ist gegen das sehr kleine mn, so ist offenbar mk

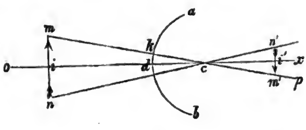


Fig. 92.

nahezu = *i d*, also muss der Vereinigungspunkt für die von *m* auf *ab* fallenden Strahlen nahezu so weit hinter der Trennungsfläche oder hinter *c* liegen, als der Vereinigungspunkt der von *i* ausfahrenden Strahlen. Was von *i* und *m* gilt, gilt von jedem anderen Punkt des Objektes *mn*. Das Bild liegt somit nahezu in einer auf *ox* senkrechten Ebene: der (hinter der zweiten Focalebene liegenden) zweiten Brennebene und ist, wie die Figur zeigt, verkehrt.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke *mcn* und *n'cm'* folgt: Die Grösse des Bildes verhält sich zur Grösse des Objektes, wie *i'c* zu *ci* d. h. wie der Abstand des Bildes und des Objektes vom Krümmungsmittelpunkt. Gerade Linien von den einzelnen Bildpunkten gezogen zu den Objektpunkten heissen Richtungslinien (394), sie schneiden sich in c: dem sog. Knotenpunkt. Die Betrachtung der Figur zeigt weiter: 1) Objekt und Bild sind gleich gross, wenn sie gleich weit abstehen von *c*. 2) Entfernt sich das Objekt von *ab*, so nähert sich *n'm'* gegen *c*: das Bild wird kleiner. 3) Nähert sich *mn* gegen *ab*, so entfernt sich *n'm'* von *c*: das Bild wird grösser. Die Bilder sind in 1—3 allemal reell, d. h. die Strahlen vereinigen sich wirklich. 4) Ist das Objekt im ersten Hauptbrennpunkt, so ist kein Bild möglich, weil nach der Brechung die Strahlen parallel laufen, also sich nicht vereinen. 5) Ist das Objekt zwischen dem ersten Hauptbrennpunkt und der Trennungsfläche, so kann wiederum kein reelles Bild entstehen, da die von einem Punkt des Objektes ausfahrenden Strahlen auch nach der Brechung divergiren (Fig. 93). Werden diese divergirenden Strahlen *n'n'* nach rückwärts verlängert, so schneiden sie sich in *N*. *NM* ist demnach das virtuelle Bild von *nm*, es ist grösser und aufrecht.

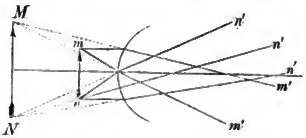


Fig. 93.

397. Optische Cardinalpunkte in einem zusammengesetzten sammelnden System.

Durchsetzt, wie das auch im Auge der Fall ist, ein Strahl mehrere brechende sphärische Medien, so hat man so viele »Hauptpunkte« als Trennungsflächen. Man kann aber statt aller dieser nur zwei Punkte substituiren, sodass der einfallende und der zuletzt gebrochene Strahl, d. h. die Richtung irgend eines Strahls im ersten und letzten Medium, analoge Beziehungen bietet, wie bei bloss einmaliger Brechung (Gauss). Die umständliche Aufgabe kann somit durch ein einfaches Construktionsverfahren, analog dem in 395 geschilderten, gelöst werden. Listing hat die Methode von Gauss zuerst in die physiologische Optik eingeführt. Man unterscheidet 3 Paare optischer Cardinalpunkte, die in der optischen Axe, *oo* Fig. 94, des Systemes liegen.

Erster Hauptbrennpunkt, f_1 (sowie die durch denselben, senkrecht

auf ∞ gelegte erste Focalebene F^1). Strahlen, die von f_1 ausgehen (also auch Strahlen, die durch f_1 gehen) laufen nach der Brechung parallel zur optischen Axe des Systemes, z. B. *fin* wird nach *nd* gebrochen. Strahlen, die ausfahren von einem Punkt von F_1, verlaufen nach der Brechung parallel unter einander.

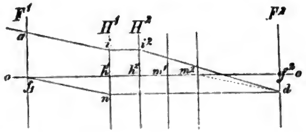


Fig. 94.

Zweiter Hauptbrennpunkt, f_2 (zweite Focalebene F_2). In f_2 schneiden sich alle Strahlen, die vor der Brechung parallel zur Axe verliefen. Strahlen, die im ersten Medium parallel waren, schneiden sich in irgend einem Punkt von F_2 (also z. B. *ai* und *fin* in *d*).

Der erste und zweite Hauptpunkt h^1 und h^2 sowie die gleichnamigen Hauptebenen H^1 und H^2 sind so substituirt für den alleinigen Hauptpunkt und die einzige Hauptebene in 394, dass H^1 für den einfallenden und H^2 für den zuletzt gebrochenen Strahl die Bedeutung von *hh* der Figuren 90 und 91 hat. Strahlen des ersten Mediums, die so gerichtet sind, dass sie sich im ersten Hauptpunkt schneiden, verlaufen im letzten Medium derartig, dass sie sich im zweiten Hauptpunkt schneiden.

Knotenpunkte: Zieht man in einem zusammengesetzten, sammelnden System gerade Linien (Richtungslinien) von den Objektpunkten zu deren zugehörigen Bildpunkten, so schneiden sich dieselben nicht streng in einem einzigen Punkt der optischen Axe, d. h. ein einziger Kreuzungspunkt der Richtungslinien existirt nicht. Dafür kann man aber zwei solcher Punkte und zwei Systeme von Richtungslinien substituiren. Die erste Richtungslinie ist eine Gerade, die vom Objektpunkt *P* Fig. 95 zum ersten Kreuzungspunkt (Knotenpunkt) gezogen wird, während die zweite Richtungslinie den zweiten Kreuzungspunkt mit dem Bildpunkt, *B* der Figur, verbindet. Beide Richtungslinien sind parallel Ein Strahl, der im ersten Medium so verläuft, dass er gegen den m_1 zielt, wird so gebrochen, dass er durch m_2 geht; d. h. m_2 ist ein Bild von m_1.

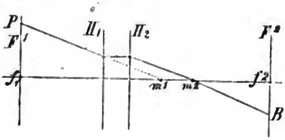


Fig. 95

Einige weitere Beziehungen können unter Hinweisung auf 394 kurz erörtert werden. Erste Hauptbrennweite $= f^1h^1$; Zweite: $= h^2f^2$. Ferner ist Abstand $h^1h^2 = m^1m^2$; ausserdem Abstand $f^1m^1 = h^2f^2$ und $m^2 f^2 = f^1h^1$ sowie $h^1m^1 = h^2m^2 = f^2 h^2 = f^1h^1$.

Auf die von Listing und Helmholtz gegebene mathematische Herleitung der optischen Constanten kann hier nicht eingegangen werden.

398. Constructionsverfahren der Brechung in einem zusammengesetzten sammelnden System.

I) Richtung des Strahles nach der letzten Brechung. Der einfallende Strahl von beliebiger Richtung z. B. *ai* Fig. 94, treffe die erste Hauptebene H^1 in *i*; man zieht vom ersten Hauptbrennpunkt f_1 bis *n* die zur *ai* parallele Linie f_1n und von *n* aus eine Parallele *nd* zur optischen Axe *oo*. Von *i* zu i^2 zieht man eine zu *oo* Parallele; dann ist i^2d die Richtung des gebrochenen Strahles.

Oder man zieht vom zweiten Knotenpunkt m^2 aus bis zur zweiten Focalebene F^2 eine Parallele (die punktirte Linie der Figur) zu *ai* und hat dann wieder i^2d als Weg des zuletzt gebrochenen Strahles.

II) Bestimmung des Bildpunktes. Man zieht vom Objektpunkt *P* durch den ersten Brennpunkt f_1 eine Gerade; diese schneidet die erste Hauptebene H^1 in *n*; der gebrochene Strahl geht parallel mit *oo* weiter als *nk*. Sodann

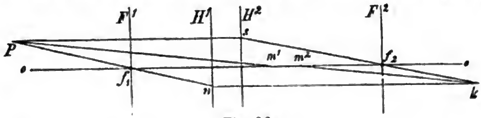


Fig. 96.

zieht man von *P* aus eine Gerade zum ersten Kreuzungspunkt m^1 und vom zweiten Kreuzungspunkt m^2 eine mit Pm^1 Parallele; wo letztere die Linie *nk* schneidet, also in *k* selbst, liegt der Bildpunkt von *P*.

Statt Pm^1 kann man auch von *P* aus bis zur zweiten Hauptebene H^2 die zu *oo* Parallele Ps ziehen und von *s* durch den zweiten Hauptbrennpunkt f_2 eine Gerade; wo letztere die Linie *nk* schneidet, in *k*, liegt der Bildpunkt von *P*.

b) Physiologische Dioptrik.

399. Dioptrische Grundwerthe der Augenmedien.

I. Brechungsvermögen. Die lichtbrechenden Kräfte der einzelnen Medien stehen der des Wassers (1,335) mehr oder weniger nahe (Brewster, Helmholtz, Krause jun.). Die Durchschnittswerthe sind: Hornhaut 1,33 — Wässrige Feuchtigkeit 1,34 — Linse 1,45 als annähernder Mittelwerth für alle Schichten (der Linsenkern hat die stärkste Brechkraft) — Glaskörper 1,34.

II) Formen und Dicken der Augenmedien. Die ersten Bestimmungen lieferte Petit an Durchschnitten des todten Auges; ihm folgten Krause sen. u. A. Zur Ermittelung einiger Werthe können auch die Spiegelbildchen des lebenden Auges benützt werden, nach dem Vorgang von Kohlrausch. Zur Bestimmung der Corneakrümmung z. B. ist erforderlich: 1) Grösse des Leuchtkörpers, 2) dessen Abstand von der Cornea und 3) Grösse der Spiegelbildchen der Cornea. Die Messungsmethode der Spiegelbildchen überhaupt ist

von Helmholtz (durch dessen Ophthalmometer) wesentlich vervollkommnet worden.

Die Hauptwerthe sind im Mittel folgende: Krümmungsradien der wichtigsten Trennungsflächen: Cornea 8 Millimet. — vordere Linsenfläche 10 — hintere Linsenfläche 6. Dicke der Medien in der optischen Axe gemessen: Cornea plus Humor aqueus 4 Millim. — Linse 4 — Glaskörper 14,6. Also beträgt der Abstand des gelben Fleckes vom Hornhautscheitel (= Länge der optischen Axe) ungefähr 22,6 Millimeter.

400. Gang der Lichtstrahlen im Auge.

Das Licht dringt von der Hornhaut bis zum Linsenkern in successiv stärker brechende Medien; die Strahlen werden also beim Uebergang in das jeweilige nächste Medium dem Neigungsloth zugelenkt. Letzteres geschieht weitaus am stärksten beim Einfallen der Strahlen aus der Luft in die Hornhaut; die Differenzen der Brechkräfte der übrigen auf einander folgenden Mittel, also deren relative Brechungscoëfficienten sind viel geringer. Beim Einfallen des Lichts aus der Linse in den Glaskörper findet dagegen eine Ablenkung vom Loth statt. Die relativen Brechungscoëfficienten sind:

$$\text{Luft in Cornea} = 1{,}33.$$

$$\text{Cornea in Humor aqueus} = \frac{1{,}34}{1{,}33} = 1{,}006.$$

$$\text{Humor aqueus in Linse} = \frac{1{,}45}{1{,}34} = 1{,}08.$$

$$\text{Linse in Humor vitreus} = \frac{1{,}34}{1{,}45} = 0{,}92.$$

Die Linse besteht aus einer grossen Zahl von Schichten mit verschiedenen Brechkräften; beim Durchgang durch die Linse erleidet also der Lichtstrahl vielfache Brechungen. Auch der Glaskörper u. s. w. ist kein ganz homogenes dioptrisches Medium. Die Oberflächen der Medien sind keine genauen Kugelflächen; ebensowenig liegen die Krümmungsmittelpunkte der Trennungsflächen genau in einer Linie (d. h. eine optische Axe im strengsten Sinn giebt es nicht, Helmholtz). Aus diesen und anderen Gründen ist die vollständige Lösung der dioptrischen Aufgabe nicht möglich.

Man kann übrigens für viele Fälle mit Listing die Aufgabe vereinfachen, indem man bloss 3 brechende Medien annimmt: 1) eine homogene Krystalllinse, mit denselben Brechungscoëfficienten in allen Schichten, 2) ein Cornea-humoraqueussystem und 3) den Glaskörper; mit der weiteren, durchaus gerechtfertigten Annahme eines und desselben Brechungscoëfficienten: 1,34 für beide Medien 2 und 3.

401. Construktion des Lichtganges im Auge.

Aus den Abmessungen des 399 leitete Listing für die optischen Cardinalpunkte des (mittleren) Auges folgende Werthe in Millimetern ab:

Abstand des 1. Hauptbrennpunktes vor der Cornea	12,83
» » 2. » » hinter der hinteren Linsenfläche	14,6

Abstand des 1. Hauptpunktes	hinter der Vorderfläche der Cornea	2,17
» » 2. » »		2,57
» » 1. Knotenpunktes		7,24
» » 2. » »		7,64
» » 2. Knotenpunkts vor der Hinterfläche der Linse		0,36
» » 1. Focus vom 1. Hauptpunkt (= erste Hauptbrennweite)		15,00
» » 2. » » 2. » » (= zweite Hauptbrennweite)		20,07

Figur 97 giebt diese Abmessungen in doppelter linearer Grösse; die Construktion des Lichtganges durch das Auge geschieht (die Buchstaben haben die

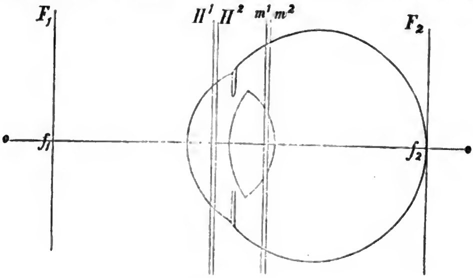


Fig. 97.

Bedeutung wie in Fig. 96) nach den Regeln des 398. Die genannten optischen Cardinalpunkte stellen Mittelwerthe dar unter der weiteren Voraussetzung eines Ruhezustandes des Auges.

Die beiden Hauptpunkte, sowie die Knotenpunkte liegen einander so nahe ($^4/_{10}$ Millimeter), dass sie für die meisten Untersuchungen als zusammenfallend betrachtet werden können. Man hat dann einen einzigen Kreuzungspunkt der Richtungslinien, 15,2 Millimeter vor der Netzhaut, in welchem alle Geraden sich schneiden, welche von den Objektpunkten zu deren entsprechenden Retinalbildpunkten gezogen werden. Die beiden äussersten Richtungslinien (*mc* und *nc* Fig. 92, auf welche verwiesen werden kann) schliessen ein den sog. Sehwinkel *mcn*; der Scheitel desselben liegt im »Kreuzungspunkt« *c*. Man hat also 2 ähnliche Dreiecke und kann die Grösse des Netzhautbildchens n^1m^1 berechnen, wenn gegeben ist: 1) Grösse *nm* des Objektes; 2) dessen Abstand *ci* vom Kreuzungspunkt *c* und 3) der Abstand ci^1 dieses letzteren von der Netzhaut. Es ist nämlich $ic : ci^1 = mn : m'n'$.

402. Netzhautbildchen verschieden entfernter Objekte.

Wir sehen vollkommen deutlich jeweils nur in bestimmten Entfernungen; die Strahlenbüschel, die von den Einzelpunkten der scharf gesehenen Objekte in das

Auge fallen, vereinigen sich auf der Retina und entwerfen somit die geforderten gut contourirten Bildchen. Weniger deutlich erscheint uns aber, was diesseits des fixirten Objektes liegt, weil die Strahlen, die von den näher liegenden Objektpunkten ausfahren, sich erst hinter der Retina vereinigen. Aber auch das jenseits der fixirten Objekte Gelegene kommt uns undeutlich vor; die betreffenden Strahlenbüschel vereinen sich vor der Retina und fahren dann wieder aus einander. In beiden Fällen des Undeutlichsehens treffen also die von einem Objektpunkt aus in das Auge fallenden Strahlen nicht einen Punkt, sondern eine Fläche der Retina; sie bilden auf derselben sog. Zerstreuungskreise. Durch das Ineinandergreifen der Zerstreuungskreise benachbarter Objektpunkte werden die Netzhautbilder mehr oder weniger undeutlich.

Diese Lehrsätze beweist am besten ein Versuch Scheiner's. Sticht man durch ein Kartenblatt zwei Löchelchen, die etwas näher beisammen stehen als die Pupille breit ist, und betrachtet man durch dieselben eine nahe Nadel *n* Fig. 98,

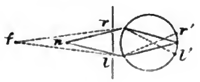


Fig. 98.

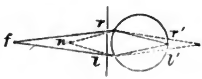


Fig. 99.

so erscheint sie einfach und deutlich, die fernere *f* aber doppelt und weniger deutlich. Die von *n* ausfahrenden Strahlen schneiden sich auf der Retina, die von *f* ausgeschickten aber vor der Retina; sie treffen die beiden Retinalstellen *l'* und *r'*; *f* wird also doppelt gesehen. Fixirt man aber Fig. 99 *f*, so entwirft *n*, dessen Strahlen erst hinter der Retina sich schneiden, zwei Retinalbilder in *r'* und *l'*, und erscheint nunmehr doppelt.

Schliesst man das eine Loch, so verschwindet in Figur 98 das Doppelbild derselben Seite, in Fig. 99 dasjenige der anderen Seite (Porterfield). Es sei z. B. *r* das rechte Loch; die durch *r* von *n* ausgeschickten Strahlen treffen also n Fig. 99 eine relativ rechte Stelle *(r')* der Retina. Was im Retinalbild rechts liegt, erscheint uns aber als ein Linkes im Sehfeld; also verschwindet beim Zuhalten eines Loches in Fig. 99 das Doppelbild der anderen Seite.

c. Accommodation.

403. Accommodationsänderungen im Auge.

Aus 402 ergibt sich unmittelbar die Nothwendigkeit bestimmter, in inneren Veränderungen des Auges bestehender Einrichtungen, vermöge welcher die jeweils fixirten Objekte ein genaues Netzhautbild entwerfen können. Diese dioptrischen Hülfsmittel der Accommodation sind von Cramer und von Helmholtz ermittelt worden. Bei dem Sehen in die Nähe wird nämlich die Linse dicker und deren Vorderfläche convexer, während beim Sehen in die Ferne die Vorderfläche der Linse sich mehr abflacht. Der in 386 geschilderte Pur-

kinje'sche Versuch kann verwendet werden zur Untersuchung der Natur dieser accommodativen Veränderungen. Das Spiegelbildchen der Hornhaut und der hinteren Linsenfläche ändern beim Sehen in verschiedene Entfernungen weder ihre Lage noch ihre Grösse; also bleiben auch die Formen jener spiegelnden Oberflächen unverändert. Dagegen wird beim Nahesehen das Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche kleiner etwa um die Hälfte (Convexspiegel geben um so kleinere Bilder, je stärker sie gekrümmt sind) und es rückt etwas nach vorwärts, wie denn auch die Iris zugleich ein wenig vorwärts rückt (Huschke). Diese Thatsachen beweisen, dass beim Nahesehen 1) die Linse in ihrer Axe dicker und an ihrer Vorderfläche convexer, ihre Brennweite also viel kürzer wird, und 2) die übrigen Augenmedien sich nicht verändern. Nach Helmholtz beträgt beim Sehen in die Nähe der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche 6 Millim. (also 4 Millim. weniger als beim Fernsehen), während der Scheitel der vorderen Linsenfläche um fast ½ M. m. nach vorwärts rückt.

Dass die Linse beim Accommodationsgeschäft eine wesentliche Rolle spiele, ist seit Kepler vielfach angenommen worden. Das Accommodationsvermögen ist durch die Staaroperation, in Folge der Entfernung der Linse aufgehoben oder doch beeinträchtigt. Ausnahmen sind allerdings nicht selten, deren Erklärung hier nicht versucht werden kann; jedenfalls stehen alle übrigen etwaigen Accommodationsvorrichtungen normaliter weit hinter den Leistungen der Linse.

L Fig. 100 sei die Flamme, A das beobachtende Auge; beide bilden gleiche Winkel mit der Sehaxe OO. Das von der Hornhaut bei 1 nach A geworfene Reflexbild wird projicirt auf den Punkt a der Pupillenfläche PP; das von der vordern Linsenfläche 3 herrührende Bild, welches in der Richtung $3A$ in das Auge reflectirt wird, wird auf den Punkt c, das Reflexbild 4 der hinteren Linsenfläche nach d verlegt. Die 3 Bildchen erscheinen also in der Pupillarfläche PP neben einander. Wölbt sich nun die Vorderfläche der Linse bis 2, während die Oberfläche der übrigen Brechungsmedien sich nicht ändern, so bleiben die Richtungen der reflectirten Strahlen $1A$ und $4A$ dieselben, wogegen die vordere Linsenfläche das von L auffallende Licht in der Richtung $2A$ reflectirt; das Bildchen selbst wird in den Punkt b verlegt, also näher bei a wahrgenommen.

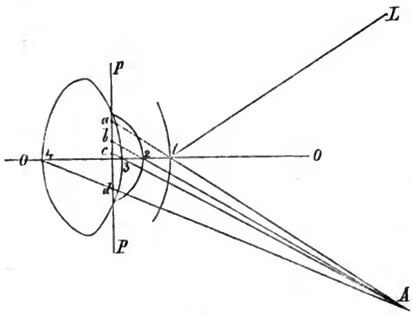


Fig. 100.

404. Accommodationsmusculatur.

Die accommodativen Formveränderungen der Linse werden veranlasst sowohl durch Muskelthätigkeiten selbst, als auch durch Nachlass von solchen. Die Hauptrolle spielt bei der Accommodation der von Bowmann, Brücke und H. Müller beschriebene Musc. tensor choroideae. Die Fasern desselben verlaufen von der inneren Wand des Canalis Schlemmii, also in der Richtung von der ganzen Peripherie der Hornhaut aus, nach hinten in die Processus ciliares und den vordersten Theil der Choroidea selbst. Verkürzt sich — was beim Nahesehen der Fall ist — der Muskel, so wird zunächst die Choroidea nach vorn gezogen, also der Glaskörper gedrückt, welcher seinerseits wiederum einen Druck auf die Linse nach vorwärts ausübt. Beim Nahesehen wird aber zugleich die Pupille enger, die Circulärfasern der Iris contrahiren sich; kommen nun auch die Radiärfasern in Thätigkeit, so muss das Organ eine gewisse Steifung erhalten; die Linse empfängt also auch einen Druck von vorn, der aber allmälig abnimmt von der Peripherie gegen die Linsenaxe; dadurch wird eine stärkere Convexität der centraleren Theile der Vorderfläche der elastischen Linse bedingt (Cramer). Das Nahesehen ist somit verbunden 1) wahrscheinlich mit stärkerer Spannung der Linsensubstanz, ganz bestimmt aber 2) mit aktiver Muskelthätigkeit. Wir haben ein Gefühl von Druck im Auge beim anhaltenden Betrachten sehr naher Gegenstände, nicht aber beim Sehen in die Ferne; der gesammte Accommodationsapparat ist in letzterem Fall in seiner (relativen) Ruhelage.

Die Ansichten der Forscher: Cramer, Helmholtz, Donders, H. Müller u. s. w. weichen über diese, bei weitem noch nicht zum Abschluss gebrachte Frage, mehrfach von einander ab. Die Wirkung der von Müller entdeckten Circulärfasern des Tensor choroideae ist genauer noch nicht festgestellt. Von den Nebeneinrichtungen kann nur eine hier hervorgehoben werden. Der Aufhängeapparat der Linse wird bekanntlich gebildet durch zwei Glashäute: Theile der Membranae hyaloidea und limitans. Dieselben sind zwischen der Ora serrata retinae und dem Corpus ciliare eine Strecke lang unter sich verwachsen, spalten sich dann aber wieder ab, sodass die erstere an die hintere, die letztere an die Vorderfläche der Peripherie der Linsenkapsel inserirt. Der dadurch gebildete Raum, Canalis Petiti, enthält ein Minimum Flüssigkeit. Nach Helmholtz trägt diese Aufhängung der Linse wesentlich bei zur Spannungsvermehrung ihrer Substanz; der Tensor choroideae kann wohl im Stande sein, das Aufhängeband etwas zu erschlaffen; dadurch müsste (wenn der Vordersatz zugegeben wird) der Druck auf die Vorderfläche der Linse nachlassen und die letztere gewölbter (?) werden.

405. Zeitverhältnisse der Accommodationsänderungen.

Nach Hueck soll man die Accommodation nur 3 mal in der Secunde ändern können. Die meisten Augen werden wohl erheblich mehr leisten, obschon gerade hier grosse individuelle Unterschiede vorkommen dürften. Geht man über von einem fernen, scharf contourirten Objekt (weiss auf dunklem Grund) zu einem nahen (weissen und dünnen) Faden, so wird das im ersten Moment breite und verwaschene Bild des letzteren schnell schmaler und deutlicher, bis er mit scharfen Umrissen, ohne irgend einen Zerstreuungskreis gesehen wird.

Die Accommodation von Nah auf Fern geschieht viel schneller als umgekehrt. Die erstere, entschieden leichtere Aufgabe, besteht in einem plötzlichen

Nachlass der Muskelspannung (des Tensor choroideae u. s. w.), sowie auch der Linsenspannung; die Federkraft der Linse muss also beim Uebergang auf ferne Objekte unterstützend wirken. Die Accommodationsänderungen innerhalb zweier, dem Auge sehr naher Distanzen brauchen relativ viele Zeit.

Zu den folgenden Zeitmessungen wurde das in den Lehrbüchern der Physik beschriebene, Wheatstone'sche Chronoscop benützt (Vierordt). Der Abstand des nahen Objektes vom Auge variirte in diesen Versuchen zwischen 10 bis 64 Centimeter, das ferne Objekt lag constant 18 Meter ab.

Abstand des nahen Objektes vom Auge.	Zeiten in Secunden für die Accommodation.	
	Fern auf Nah.	Nah auf Fern.
10	1,18	0,84
11	0,94	0,66
12	0,83	0,57
14	0,77	0,52
16	0,64	0,46
22	0,60	0,44
28	0,49	0,39
34	0,43	0,37
40	0,30	0,29
52	0,24	0,22
64	0,20	0,15

406. Accommodationsbreite.

Wir sind nicht bloss für einen ganz bestimmten Abstand genau accommodirt, sondern für eine Anzahl hinter einander befindlicher Punkte des Sehfeldes. Diese Punkte liegen in einer Linie: der Accommodationslinie Czermak's, deren Länge zunimmt mit zunehmender Entfernung des fixirten Objektes vom Auge. Wir sehen in der That alles fast gleich scharf, was liegt zwischen 200 Fusse Abstand von uns und dem Horizont. Bei sehr grosser Näherung aber sind die Meisten nahezu nur für einen einzigen Abstand accommodirt; ein horizontal vor das Auge gehaltener Faden z. B. erscheint dann scharf nur an einem Punkt (resp. in einer kurzen Linearausdehnung), von wo aus er nach beiden Seiten hin allmälig breiter und undeutlicher wird. Sehr kleine Aenderungen im Abstand der Objekte sind demnach beim Sehen in die Nähe und bei unverändert gebliebener Accommodation von grossem Einfluss auf die Deutlichkeit der Retinalbilder. Dieses ist auch ersichtlich aus einer Tabelle Listing's, welche für das in die Ferne blickende Auge von Objekten näherer Distanzen angiebt 1) die Grösse der Zerstreuungskreise und 2) den Ort der Objektbilder hinter der Retina.

Abstand des Objectes vom ersten Hauptbrennpunkt in Metern.	Durchmesser des Zerstreuungskreises in Millimetern.	Abstand des Objectbildes hinter der Retina in Millimetern.
Unendlich	0	0
65	0,0011	0,005
25	0,0027	0,012
12	0,0056	0,025
6	0,0112	0,05
3	0,0222	0,10
1,5	0,0443	0,20
0,75	0,0825	0,40
0,375	0,161	0,80
0,188	0,312	1,60
0,094	0,576	3,20
0,088	0,648	3,42

407. Sehweite und Optometer.

Unter mittlerer Sehweite versteht man die spezielle Entfernung, bei welcher mittelgrosse Dinge im Ganzen und Einzelnen am Deutlichsten erscheinen; dieselbe wird gewöhnlich zu 8—10 Zoll angenommen. Nahpunkt heisst die grösstmöglichste Näherung, bei welcher die Objekte noch deutlich gesehen werden können; einen solchen Punkt giebt es für alle Augen. Fernpunkt: jenseits dieses sind die Objekte nicht mehr deutlich. Das Normalauge hat selbstverständlich keinen Fernpunkt für sehr grosse Gegenstände.

Die Optometer sollen dienen zur Ermittelung der Sehweite, besonders des Nah- und Fernpunktes.

Die einfachsten Vorrichtungen bestehen in irgend einem schmalen Objekt, z. B. einer Nadel, einem Gitter feiner Drähte u. s. w., welches längs eines graduirten Stabes verschoben werden kann. Innerhalb der Sehweite erscheint das Objekt deutlich, diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes weniger genau contourirt.

Manche Optometer beruhen auf dem Scheiner'schen Versuche (402). Das

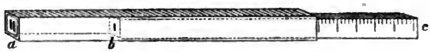


Fig. 101.

Stampfer'sche besteht aus 2 in einander verschiebbaren 4eckigen Röhren von über 1 Fuss Länge. Die äussere Röhre ist an dem einen Ende, *a* Fig. 101, mit

einer dünnen Metallplatte verschlossen, in der zwei feine parallele Spalten nahe bei einander angebracht sind. Eine ähnliche Metallplatte verdeckt das vordere Ende *b* der innern Röhre, jedoch hat dieselbe bloss eine feine Spalte. Ein Milchglas schliesst das hintere Ende *c* der innern Röhre. Blickt man durch die Spalten *a*, so erscheint die Spalte *b* einfach, wenn sie vom Auge absteht um die Weite des deutlichen Sehens; doppelt aber diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes. Diese Werthe werden an einer längs einer Seite der innern Röhre angebrachten Scala unmittelbar abgelesen. Der Accommodationszustand durch die engen Löcher und Spalten beim Scheiner'schen Versuch ist aber mangelhaft (Volkmann, Czermak), desshalb sind diese Optometer weniger brauchbar, als die oben erwähnten einfachen Apparate.

408. Kurz- und Weitsichtigkeit.

Der Kurzsichtige muss die Objekte zur deutlichen Betrachtung dem Auge bedeutend nähern; der Fernpunkt steht ab 12—6, der Nahpunkt 4 bis selbst 2 Zolle. Innerhalb dieser engen Gränzen sieht aber der Kurzsichtige vollkommen deutlich. Indem er die Gegenstände dem Auge sehr nahe bringt, erblickt er sie unter grösseren Sehwinkeln und Lichtstärken und kann somit kleine Objekte deutlicher sehen, als das Normalauge. Man vergleicht diesen Zustand gewöhnlich mit dem Accommodationszustand des Normalauges für grosse Nähe. Welches auch die, ohne Zweifel sehr mannigfaltigen Einzelursachen der Kurzsichtigkeit (s. die Lehrbücher der Augenheilkunde) se in mögen, immer wirken sie so, dass die Strahlen von, jenseits dem Fernpunkt liegenden Objektpunkten zu stark gebrochen werden und sich desshalb vor der Retina schneiden.

Beim Weitsichtigen steht der Nahpunkt ungewöhnlich weit (12, 30, selbst 60 und noch mehr Zolle) vom Auge ab. Einen Fernpunkt gibt es, wie im Normalauge, hier nicht. Die von näheren Objektpunkten ausgeschickten Strahlen werden zu wenig gebrochen, d. h. sie schneiden sich erst hinter der Retina.

409. Brillen.

Dieselben corrigiren theilweis die Mängel der Kurz- und Weitsichtigkeit, indem sie die abnorme mittlere Sehweite in eine normale (von 8—10 Zollen) verwandeln. Das kurzsichtige Auge bedarf, wegen der zu starken sammelnden Wirkung seiner dioptrischen Medien, Zerstreuungslinsen (Concavbrillen). Diese unterscheiden sich je nach ihrer Stärke (Brennweite), d. h. dem Abstande ihres (virtuellen) Brennpunktes von der Linse. Die stärksten Gläser sind diejenigen, welche am meisten zerstreuend wirken; ihre Brennweite ist klein, nämlich nur wenige, selbst bloss 2 Zolle und noch weniger. Die Brillen sind numerirt nach ihrer Brennweite. Zur annähernden Bestimmung der passenden Brillen dient die Regel: man multiplicire diejenige Sehweite, welche mittelst der Brille gewonnen werden soll (8—10 Zolle) mit der Sehweite des kurzsichtigen Individuums und

dividire das Produkt durch die Differenz beider Grössen. Für einen Kurzsichtigen mit der Sehweite von 4 Zollen hätte man also $\frac{10 \cdot 4}{6} = 6,6$, also etwa Brillennummer 7.

Der Weitsichtige dagegen, dessen Augenmedien zu wenig sammelnd wirken, bedarf einer Convexbrille, welche die Sehweite verkleinert. Bei der Auswahl der Brille gilt wiederum die so eben angegebene Regel.

Anhang.

410. Augenspiegel.

Der Augengrund erscheint schwarz, selbst beim stärksten Sonnenlicht. Die Ursache liegt nicht darin, dass das Pigment der Choroidea, wie man früher glaubte, alles in das Auge fallende Licht absorbirt; man müsste dann jedenfalls z. B. die Eintrittsstelle des Sehnerven, hinter welcher kein Pigment liegt, sehen. Das meiste Licht wird allerdings absorbirt hinter der Retina, ein Theil aber wird reflectirt; das reflectirte jedoch geht zurück zur Leuchtquelle (Helmholtz). Da nun unsere Pupille keine Lichtquelle ist, so sendet sie auch keine Strahlen in das beobachtete Auge, sondern alles aus letzterem reflectirte Licht geht an unserer Pupille vorbei, d. h. die Pupille des Beobachteten erscheint uns schwarz. Wird dagegen ein gehöriger Theil der reflectirten Strahlen vom Auge des Beobachters aufgefangen, so sieht er den beobachteten Augengrund roth leuchtend, die grösseren Netzhautgefässe, die scheinbar gefässlose Macula lutea, die weisslich glänzende Eintrittsstelle der Sehnerven u. s. w. Der von Helmholtz erfundene Augenspiegel hat die Aufgabe 1) die Retina künstlich zu beleuchten und 2) das künstliche Retinalbildchen (oder genauer, ein extraoculares reelles Bild des Retinalbildchens) dem Beobachter sichtbar zu machen. Wir müssen uns im Folgenden auf die eine Hauptmethode der Augenspiegel beschränken.

Die Augen der Albinos haben kein Iris- und Choroidealpigment; desshalb dringt etwas Licht durch deren Sclerotica, ein Theil desselben wird durch die Pupille nach aussen reflectirt, welche somit roth erscheint. Manche Thiere (z. B. Katzen) haben eine schillernde Membran (sogen. Tapetum) im Augengrund; dieselbe hat ein grosses Reflexionsvermögen für Licht und die Pupillen solcher Thiere erscheinen uns leuchtend, besonders in der Dämmerung; bei gänzlichem Lichtmangel leuchten sie nicht.

411. Extraoculares Bild des Netzhautbildchens.

Jeder von aussen scharf beleuchtete Retinalpunkt reflectirt nach Obigem einen Lichtbüschel durch die Pupille nach Aussen, dessen Strahlen sich wieder schneiden an einem bestimmten Ort, d. h. ein reelles extraoculares Bild entwerfen. Letzteres fällt, bei unserer Voraussetzung des deutlichen Sehens, nach Ort und Grösse zusammen mit dem äussern Leuchtkörper selbst; es ist daher, im Vergleich zu dem Retinalbildchen, umgekehrt und vergrössert.

Denken wir uns den äussern Leuchtkörper weg, nehmen wir an, das Retinalbildchen $a' b'$, Fig. 102 selbst sei die ursprüngliche Lichtquelle, so wird dasselbe ein extraoculares Luftbildchen entwerfen, und zwar in einem der

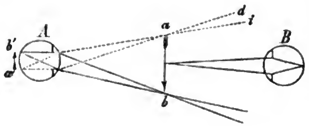


Fig. 102.

Sehweite des Auges A entsprechenden Abstand. Dieses Bild könnte der Beobachter B sehen, wenn letzterer es in seine Sehweite bringt, und zwar als ein aufrechtes Bild. Da jedoch beide Augen von einander abstehen um ihre beiden Sehweiten, so erscheint der leuchtende Augengrund nur klein und Einzelheiten werden nicht wahrgenommen.

Fig. 102 zeigt zudem, dass die Enden a und b dieses Luftbildes keine Strahlen in die Pupille B schicken (vom Punkt a fahren nämlich die Strahlen bloss aus in den kegelförmigen Raum $d\ a\ i$), sondern nur die mittlern Theile des Luftbildes. Man sieht also nur einen Theil der leuchtenden Retina.

Das extraoculare Bild kann durch den Versuch unmittelbar gezeigt werden. Giraud-Teulon bringt das Auge eines Albinokaninchens in ein entsprechend grosses Loch eines undurchsichtigen Schirmes und beleuchtet das Auge von hinten mittelst einer Lampe. Von der Sclerotica der Hinterwand wird ein Stückchen von distinkter Form ausgeschnitten; man sieht dann auf einer weissen Wand, auf der andern Seite des Schirmes, ein verkehrtes, sehr vergrössertes Bild von der Form der Scleroticalücke.

Der Abstand des Extraocularbildes von dem beobachteten Auge muss, dem Gesagten zufolge, wechseln mit dessen mittlerer Sehweite, sowie (während des Versuches selbst) mit dessen jeweiligen Accommodations - Zuständen. Bringt man aber, mit Ruete, vor das beobachtete Auge A eine Convexlinse c (Fig. 103) von kurzer (1 bis 3 Zoll) Brennweite, so wird das ebenfalls verkehrte extraoculare Bild jetzt ungefähr in der Brennweite der Linse liegen, in a' statt in der Brennweite des Auges A, in b, d. h. es ist dem Auge sehr genähert, kleiner, aber lichtstark, und was die Hauptsache ist, es zeigt einen constanten Abstand vom Auge A, welches durch die vorgehaltene Linse künstlich kurzsichtig geworden ist.



Fig. 103.

Der Beobachter B sieht dieses Bild in der für ihn passenden Sehweite $a'\ B$ deutlich; zweckmässig tritt er aber näher heran und vergrössert das Bild mittelst einer Loupe.

412. Beleuchtungsapparat des Augenspiegels.

Der vorhergehende Paragraph zeigt, wie die leuchtende Retina (gleichgültig, wie die Beleuchtung zu Stand kommt) beobachtet werden kann; es bleibt also noch die Schilderung wenigstens einer der Beleuchtungsmethoden (z. B. der Rüte'schen) übrig. Seitlich von dem beobachteten Auge steht, in einem sonst dunkeln Zimmer, eine Lampe l, die den Planspiegel ss beleuchtet, der dem beobachteten Auge A gegenüber steht. Eine Convexlinse c bewirkt, dass die Strahlen convergent

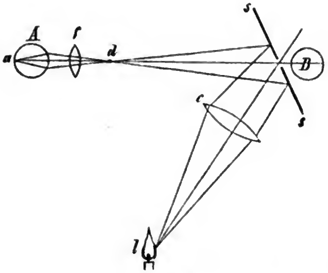


Fig. 104

auf den Spiegel *ss* fallen. Dieser wirft sie zurück nach *d* (also soweit vor dem Spiegel, als der Convergenzpunkt der auf den Spiegel fallenden Strahlen hinter dem Spiegel liegt. In *d* entsteht demnach ein Spiegelbildchen der Lampe. Dasselbe wird, trotz seiner Näherung an Auge *A*, genau gesehen mittelst der Convexlinse *f*, welche *A* künstlich kurzsichtig macht; es muss somit vom Retinalpunkt *a* das extraoculare Retinalbildchen wiederum fallen auf *d*. Von hier aus fahren die Strahlen aus gegen den Spiegel *ss*, um nach der Lichtquelle reflectirt zu werden. In der Mitte aber des Spiegels ist ein kleines Loch, das hinter demselben befindliche Auge *B* des Beobachters fängt also einen Theil der von *d* ausfahrenden Strahlen auf, d. h. es sieht das extraoculare leuchtende Retinalbild von *A*.

C. Räumliches Sehen.

413. Sehfeld und Schattenfeld.

Beim Sehen vergessen wir vollständig unsern eigenen Empfindungszustand; wir verlegen alle Reizungen der Retina in den äussern Raum und zwar 1) die Netzhautbildchen äusserer Dinge; ja selbst 2) die durch Drücke, Anomalieen der Blutcirculation, Electricität u. s. w. entstandenen Erregungen der Netzhaut und des nervösen Sehapparates überhaupt projiciren wir in das Sehfeld und zwar mit bestimmten Gestalten und Farben. Die Formen der Körperwelt beurtheilen wir aus den Formen der Retinalbilder; jedoch erst nach einer gewissen Uebung und Erziehung des Sinnes, wie auch einzelne Erfahrungen an im späteren Alter operirten Blindgeborenen beweisen.

Das beim Schliessen des Auges oder im Dunkeln entstehende Schattenfeld ist, wie das Sehfeld, elliptisch, mit grösserem horizontalem Durchmesser; es wird nicht im Auge selbst empfunden, sondern in einen gewissen Abstand projicirt; es folgt den Bewegungen der Augen, und seine Farbe ist selbst im stärksten Dunkel nicht absolut schwarz, indem eine Art »Lichtstaub« (Purkinje) über dasselbe sich verbreitet, in Folge minimer subjectiver Erregungszustände des nervösen Sehapparates. Das Schattenfeld ist also etwas Positives, ganz verschieden von der »Blindheit der Hand« u. s. w.

414. Verschiedene Deutlichkeit der Sehfeldsbezirke.

Bei Weitem am schärfsten nehmen wir wahr den Punkt des Sehfelds, den wir eben fixiren, der also in der Verlängerung der Sehaxe liegt. Doch auch der Theil des Sehfeldes, der nur einen kleinen Winkel einschliesst mit der Sehaxe, wird noch sehr genau gesehen; wir überblicken z. B. bei einer mittlern Druckschrift etwa 6—8 Buchstaben ganz deutlich; die nächste obere oder untere Zeile erscheint schon undeutlich. Jenem deutlichsten Sehraum entspricht ein Retinabezirk von etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser = ungefähr dem Durchmesser des gelben Fleckes. Das Uebrige wird, je mehr es sich entfernt vom fixirten Punkt, zunehmend undeutlicher. Dinge, welche einen Winkel von 50—60 Graden mit der Sehaxe bilden, erkennen wir nur in ihren gröberen Contouren; kleinere und lichtschwächere Objekte selbst gar nicht mehr.

Die objektiven Netzhautbildchen zeigen dagegen diese Unterschiede nicht; also kann die Undeutlichkeit der seitlichen Parthieen des Sehfeldes nur herkommen von Verschiedenheiten der Empfindlichkeit der Retinabezirke. Die Feinheit der Empfindung nimmt übrigens nicht ab in concentrischen Kreisen um die optische Axe, sondern schneller nach oben und unten, als in horizontaler Richtung (Aubert).

Volkmann und Aubert bestimmten die Durchmesser der kleinsten Bildchen, welche von den einzelnen Bezirken der Netzhaut überhaupt noch wahrgenommen werden können. 60° nach aussen von der optischen Axe müssen nach Ersterem die Retinalbilder einen etwa 150 mal grösseren Durchmesser haben, als in der Sehaxe.

Die Beschränkung des deutlichsten Sehens auf den von uns jeweils fixirten Punkt ist, weit entfernt ein Nachtheil zu sein, für den Gesichtssinn geradezu unerlässlich; denn: 1) die Concentration der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Objekt wird dadurch begünstigt; (wir sind gar nicht im Stande, mehrere Sinneseindrücke gleichzeitig genau aufzufassen). 2) Wir lernen dadurch das Auge so zu stellen, dass der bevorzugte gelbe Fleck dem zu betrachtenden Objekte gegenüber in die richtige Lage kommt; wir erreichen damit den Vortheil, dass wir uns der Richtung der Sehaxe, überhaupt der jeweiligen Stellung der Augen der Aussenwelt gegenüber, auf das Genaueste bewusst werden. Ohne dieses wäre (s. 417) die Erkennung der Richtung der Gesichtsobjekte unmöglich. 3) Wir lernen nur dadurch beide Augen so zu stellen, dass ihre verlängerten Sehaxen sich schneiden in dem zu betrachtenden Objektpunkt. Diess ist unerlässlich für das Einfachsehen mit beiden Augen (s. 424).

415. Blinde Stelle der Netzhaut.

Betrachtet man mit dem rechten Auge (bei geschlossenem linken) das Kreuz oder den darüberstehenden Punkt Fig. 105, so verschwindet, bei einem gewissen

Abstand der Papierfläche vom Auge, der Kreis vollständig, während das Viereck der Figur deutlich gesehen wird (Mariotte).

Ueberhaupt verschwinden alle Objekte, welche ungefähr 13—18 Grade von der optischen Axe in horizontaler Richtung nach aussen liegen, also 5—6 Grade



Fig. 105.

des Sehfeldes, so dass z. B. selbst der Vollmond zum Ausfallen gebracht werden kann. Das Netzhautbild dieser Objekte fällt, wie D. Bernoulli zuerst zeigte, auf die Eintrittsstelle der Sehnerven; an dieser sind bloss vorhanden Opticusfasern (keine Zapfen, Stäbchen u. s. w.); also sind die Opticusfasern in ihrem Verlauf blind für objektives Licht.

Das Bild des Kreuzes fällt auf die Mitte des gelben Fleckes; die Grösse der blinden Stelle und deren Abstand vom gelben Fleck wird gefunden nach den Regeln der Berechnung der Grössen der Netzhautbildchen. Die Versuche ergeben einen Durchmesser der blinden Stelle von $1\frac{1}{2}$ Millim. und einen Abstand der Mitte dieser Stelle von der Mitte des gelben Fleckes (in der Richtung nach einwärts) um 4 Millim.; die blinde Stelle muss somit der Eintrittsstelle des Sehnerven entsprechen. Der Mariotte'sche Versuch ist auch ein Beweis für die „Umkehr der Netzhautbildchen."

416. Ausfüllung der Sehfeldslücke der blinden Netzhautstelle.

Die Blindheit des Mariotte'schen Fleckes der Netzhaut hat keine Störungen für das Sehen zur Folge. Wir haben durch Erfahrung gewissermaassen die relativen Lagen der einzelnen Netzhautbezirke kennen gelernt, so dass jedem empfindenden Punkt der Netzhaut ein Sehfeldbezirk entspricht. Es können desshalb auch die Ortsempfindungen, welche wir zweien empfindlichen Punkten der Retina verdanken, die an den einander gegenüber liegenden Grenzen des blinden Fleckes liegen, nicht auf zwei unmittelbar neben einander liegende Sehfeldspunkte bezogen werden, da wir gewohnt und gezwungen sind, die räumlichen Beziehungen dieser Punkte zu allen übrigen Punkten der Retina genau festzuhalten (D. Bernoulli). Desshalb zeigen z. B. die parallelen Streifen einer Tapete auch keine Knickungen an ihrer dem blinden Fleck entsprechenden Stelle.

Ebensowenig entsteht aber eine, der Grösse des blinden Fleckes entsprechende Lücke. Wir sind förmlich gezwungen, mittelst der Empfindungen, die von den benachbarten Retinaltheilen kommen, die Lücke auszufüllen, und zwar so, dass wir — wie zahlreich variirte Versuche E. H. Weber's und Volkmann's zeigen — den Zusammenhang der Dinge, deren Retinabilder in den blinden Fleck hereinragen, so »sehen«, wie es am Einfachsten und Wahrscheinlichsten ist und unserm Wissen von den Gestalten der Dinge entspricht.

Fällt z. B. das eine Ende einer Linie auf den Fleck, so ist sie entsprechend kürzer; zeichnen wir eine gerade oder eine Kreislinie mit einer (dem Fleck entsprechenden) Lücke, so erscheinen sie gleichwohl ununterbrochen u. s. w. Die Versuche

setzen Schliessung des einen Auges voraus, weil ein Objekt, dessen Retinalbild im linken Aug auf den blinden Fleck fällt, im rechten eine empfindende Retinastelle afficirt.

417. Richtung der Gesichtsobjekte.

Alle durch Netzhauterregungen hervorgerufenen Sensationen werden von uns verlegt in den äussern Raum (313); jeder Retinalpunkt projicirt nämlich, um den kurzen Ausdruck zu brauchen, seine Erregungen in der Direktion seiner Richtungslinie in einen bestimmten Abstand vom Auge selbst, d. h. wir beziehen jeden Netzhauteindruck auf eine bestimmte Stelle des Raumes, neben den andern Dingen der Aussenwelt. Am schärfsten beurtheilen wir die 2 ersten Dimensionen (weniger die dritte: die Tiefe, von der hier vorerst abgesehen wird). Das Urtheil kann durch Uebung in hohem Grade geschärft werden.

Die Netzhaut ist eine Fläche, begabt gewissermaassen, um den an sich nicht erlaubten Ausdruck zu wählen, mit Raumsinn; Reizungen zweier verschiedener Netzhautpunkte durch zwei sonst vollkommen gleiche Reize verschaffen zwei räumlich von einander getrennte, im Uebrigen aber gleiche Empfindungen. Durch auf die sinnlichen Empfindungen gestützte vielfachste Erfahrungen sind wir zur Anschauung und zum Begriff der Aussenwelt und des Raumes gekommen; der Sehsinn hat uns speciell belehrt, dass wir, um z. B. etwas über uns zu sehen, die Augen oder den Kopf entsprechend bewegen müssen. Wir sind uns nun, und zwar in jedweder Lage des Körpers, bewusst unserer Augenstellung, d. h. der Richtungen der Sehaxen, und bestimmen dadurch die Richtung des Gesehenen. Diese Wahrnehmung ist somit keine »reine Empfindung«, sondern ein Seelenakt; unerlässlich sind bloss Bilder der Dinge der Aussenwelt so angeordnet auf der Retina, dass die relativen Lagen der Objektpunkte sich wiederholen in den relativen Lagen der Retinalbildpunkte. Die absolute Lage des Netzhautbildchens ist dabei ganz gleichgültig, eben weil die Seele weder dieses Bildchen, noch etwas Analoges derart, im materiellen oder virtuellen Centraltheil des nervösen Sehapparates, »anschaut«. Darum ist auch die ehedem vielfach behandelte Frage ungereimt: warum sehen wir aufrecht, trotz der Umkehr der Retinabildchen. Wir »sehen« das Bildchen nicht; es könnte queer gelagert sein und doch würden wir, im Bewusstsein unserer Augenstellung zur Aussenwelt, auch das so gelagerte Retinabildchen immer noch richtig interpretiren.

418. Grössenwahrnehmungen.

I. Relative Grösse. Unser Urtheil, ob das eine oder das andere Objekt das grössere sei, beruht (den einfachsten Fall gleicher Abstände der Objekte vorausgesetzt) entweder 1) auf der Grösse der Netzhautbildchen (resp. Sehwinkel), oder 2) auf dem Umfang der Augenbewegungen, die nöthig sind, um mit unserem Blick die Objekte von einem Ende zum anderen zu durchmessen. Wir haben bei irgend erheblicheren Differenzen der Objekte bestimmt das Gefühl von Multipla der betreffenden Grössenwahrnehmungen; auch können

wir zwei verschiedene lange Linien selbst nach einem gewissen Zeitintervall noch unterscheiden (E. H. Weber), z. B. Differenzen von $\frac{1}{40}$ nach 3, von $\frac{1}{11}$ noch nach 70 Sekunden. Horizontale Linien werden genauer mit einander verglichen, als senkrechte (Hegelmaier).

II. Absolute Grösse. Das Sehfeld, dessen Winkelgrösse immer gleich bleibt, hat für unsere Vorstellung keine bestimmte Grösse. Unser Urtheil über die wahre Grösse der Objekte beruht demnach auf der Grösse des Netzhautbildchens und der Taxation der Entfernung (419), also auf der Vergleichung des Sehwinkels mit der Entfernung (s. auch 422).

Objekte von einer gewissen Kleinheit an sehen wir nicht mehr. Die betreffenden Angaben schwanken aber bedeutend, da ausser vielen Nebenumständen (Farbe, Beleuchtung, Hintergrund u. s. w.) namentlich auch individuelle Einflüsse sich in hohem Grade geltend machen. Unter mittleren Verhältnissen werden runde Körperchen von $\frac{1}{40}$ bis fast $\frac{1}{100}$ Linie noch erkannt; Körper, die im Vergleich zu ihrer Dicke sehr lang sind, z. B. feinste Drähte, bieten viel günstigere Verhältnisse. Der kleinste Sehwinkel, unter dem rundliche Körperchen noch erkannt werden, beträgt etwa 30—20 Sekunden; für fadenförmige Objekte sinkt der Werth auf 3, für glänzende Drähte selbst auf $\frac{1}{5}$ Sekunde und noch weniger.

Ebenso schwankend sind demnach auch die Angaben über die Grösse des kleinsten, noch erkennbaren Retinalbildes. Man hat früher geglaubt, die kleinsten sichtbaren Retinalbildchen seien gerade so gross, als der Durchmesser eines Stäbchens oder Zapfens der Jacob'schen Schicht. Die Erfahrung bestätigte diese Ansicht nicht; zudem hat jedes Einzelauge des zusammengesetzten Arthropodenauges nur ein einziges sog. Krystallstäbchen, welche als Analoga der Zapfen und Stäbchen der einfachen Augen gelten können.

419. Entfernung der Objekte.

Zur Beurtheilung derselben dient (abgesehen von den 432 erwähnten Hülfsmitteln) 1) die scheinbare Grösse der Objekte, d. h. deren Sehwinkel; wir haben erfahren, dass dasselbe Objekt immer kleiner erscheint, je weiter es sich von uns entfernt (Verengung von Alleen, langen Strassen u. s. w.). 2) Das Detail der Objekte; je weniger Einzelheiten wir sehen, je schwächer die Farben und Schatten und je undeutlicher die Contouren erscheinen, für desto weiter entfernt halten wir die Objekte. 3) Zwischenliegende bekannte Gegenstände; fehlen sie, dann halten wir die Entfernung für zu gering. Das Himmelsgewölb erscheint uns nicht als eine Halbkugel, sondern die Zenithdistanz kommt uns wesentlich kürzer vor, als die andere, welche zwischen unserem Standpunkte und dem Horizont vielerlei Objekte enthält. 4) Der Convergenzgrad beider Sehaxen (s. 422). 5) Aenderungen des Standpunktes des Beobachters (421 und 422). 6) Auch das Gefühl des Accommodationszustandes trägt, vorausgesetzt, dass die Objekte zwischen dem Fernpunkt und Auge also nahe liegen, ein wenig bei zur Bestimmung der Abstände (Czermak). Bewegt man einen Faden, der so fixirt wird, dass die übrigen

Hülfsmittel zur Taxation der Entfernung möglichst eliminirt werden, so giebt uns das Accommodationsgefühl nur Aufschluss, wenn derselbe genähert, nicht aber wenn er vom Auge entfernt wird (Wundt). Im ersten Fall nimmt die Anstrengung der Accommodationsmuskeln zu (404).

420. Bewegung der Objekte.

Bei ruhigem Auge verändert das Retinalbildchen des bewegten Körpers seine Lage; wir schliessen also, es bewege sich. Erfolgt die Bewegung aber zu langsam und namentlich auch über einen gleichmässigen Hintergrund, so nehmen wir dieselbe nicht unmittelbar wahr. Dessgleichen, wenn ein sogar sehr schnell bewegter Körper bloss ein Zeitminimum betrachtet wird, z. B. mit Hülfe des, einen sonst dunkeln Raum momentan erleuchtenden elektrischen Funkens. Der Körper scheint stille zu stehen, weil in der kurzen Zeit sein Retinabild nicht merklich weiter rückt.

Der Capillarblutlauf unter dem Mikroskop, sowie die lebhaft schwingenden Wimpern des Flimmerepithels (50) scheinen stille zu stehen, wenn sie bloss einen Augenblick betrachtet werden. Diese Verhältnisse können auch benützt werden zur Bestimmung der Geschwindigkeiten solcher Körper.

Als zweites Mittel dienen unsere Augen-, oder (minder fein) Kopf- und Körperdrehungen. Wir fixiren das Objekt beständig (sodass die Lage seines Retinalbildes sich nicht ändert) und schliessen aus den Grössen der von uns dabei gemachten Bewegungen auf dessen Bewegung.

421. Bewegungstäuschungen.

Beim Gehen erscheinen uns die (bis auf einen gewissen Abstand) seitwärts liegenden Gegenstände bewegt, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Diese Anschauung ist nicht zu überwinden, ja sie ist sogar ein Hülfsmittel zur Beurtheilung der Geschwindigkeit und Gleichmässigkeit unserer Fortbewegung und des Abstandes der Gegenstände von uns. Machen wir plötzlich einen Sprung oder eine Augenbewegung, so erscheinen näher liegende Gegenstände bewegt. Noch stärker sind diese Empfindungen bei passiven und namentlich unvermutheten Bewegungen des Körpers; beim schnellen Fahren rückt die Landschaft fort in entgegengesetzter Richtung; beim plötzlichen Stoss des Wagens scheinen nähere Gegenstände zu schwanken.

Betrachtet man anhaltend gewisse bewegte Objekte, z. B. einen schnellen Strom von einer Brücke herab, so scheint nach einer gewissen Zeit der Strom zu ruhen und man glaubt, sammt der Brücke in entgegengesetzter Richtung bewegt zu werden.

422. Grössentäuschungen.

Solche treten allemal auf, so oft wir die Entfernungen der Objekte falsch taxiren. I. Wir halten die Entfernung für zu gross; das Objekt wird dann grösser taxirt. Der aufgehende Mond z. B. erscheint uns grösser, als wenn er hoch am Himmel steht, weil uns die an den Horizont angrenzenden Theile des Himmels als die fernsten vorkommen (419). Beim Sehen in die Ferne kann

ein nahe vor dem Auge sich vorbeibewegender kleiner Gegenstand, eine Mücke z. B., in der ersten Ueberraschung als gross erscheinen. II. Wir halten die Entfernung für zu klein; die Gegenstände erscheinen uns dann kleiner, z. B. beim schnellen Fahren auf der Eisenbahn die Objekte seitwärts vom Bahndamm (Dove).

Bei unserer Fortbewegung überhaupt ändern seitlich gelegene Objekte ihre Stellung gegen den Hintergrund um so schneller, je näher sie uns sind; beim ungewöhnlich schnellen Fahren aber erfolgt diese Stellungsänderung (die sog. Parallaxe) besonders schnell, wir verlegen desshalb die Gegenstände unwillkürlich in grössere Nähe (Sick).

Hieher gehört auch die bekannte Täuschung über die vergrössernde Wirkung der Fernröhre. Wegen des vielen Details, welches wir alsdann sehen, verlegen wir die Objekte unwillkürlich in grössere Nähe und unterschätzen desshalb sehr bedeutend die durch das Fernrohr gesehenen Dimensionen. Wir werden alsbald den Irrthum gewahr, wenn wir mit einem unbewaffneten und einem bewaffneten Auge zugleich das Objekt betrachten (s. auch 423 Anmerkung).

Auf unsere Beurtheilung der Entfernung ist beim Sehen mit beiden Augen auch der Convergenzgrad der Sehaxen von Einfluss (H. Meyer). Ein und dasselbe Objekt erscheint uns zunehmend kleiner (d. h. wir verlegen sein Retinalbild den Augen immer näher), je mehr beide Sehaxen convergiren.

Jede unrichtige Taxation der Entfernung zweier Punkte desselben Objektes führt zu falschen Auffassungen der Formen. Ein ansteigender Weg z. B. erscheint uns in der Ferne sehr viel steiler als in der Nähe; im ersten Fall halten wir die tiefste und höchste Stelle des Weges einander näher gerückt.

423. Grössenunterschiede der Objektbilder auf der Retina und der Cutis.

Drückt eine Fläche, z. B. ein Kreis, auf die Cutis, so entspricht die räumliche Ausdehnung des von demselben gesetzten Druckbildes genau der Grösse des Objektes selbst. Im Auge aber entwirft derselbe Kreis nur ein Miniaturbild. Gleichwohl besteht zwischen beiden Sinnesauffassungen kein Widerspruch; wir sehen die Objekte so gross als wir sie betasten, und auch der sog. Muskelsinn, d. h. unser Urtheil über die beim Betasten eines Körpers von uns gemachten Bewegungen führt uns zu analogen Auffassungen. Indem das Kind die Sinnesempfindungen nach und nach beziehen lernt auf eine und dieselbe Erscheinungswelt und dabei die weitere Erfahrung macht, dass dasselbe Ding dieser Aussenwelt sehr verschiedene Sinne afficiren kann, ist es gezwungen, die durch das nämliche Objekt veranlassten räumlichen Empfindungen der Cutis und des Auges auf dieselbe Raumgrösse zu beziehen.

Ist die absolute Grösse des Druckbildes der Cutis begünstigt gegenüber dem Auge, so verhält es sich in einer andern Beziehung geradezu umgekehrt. Ein Sandkörnchen bietet dem Gesicht unterscheidbare Flächen und Kanten, während seine Form dem Getaste unkenntlich bleibt. Ein Gegenstand ist also für uns viel inhaltreicher, wenn wir ihn sehen, als wenn wir ihn betasten; dem Auge erscheinen die Dinge gewissermaassen als feine Mosaik zahlreicher und

heterogener (verschieden gefärbter, beleuchteter u. s. w.) Einzelpunkte, dem Getast aber als grobe Mosaik grosser und qualitativ viel gleichartigerer Einzelbezirke. Die gesehene Distanz ist also viel inhaltreicher als die betastete, und gleichwohl besteht auch hier wieder kein Widerspruch in der Grössenauffassung.

Die analogen Empfindungen verschiedener Sinne werden also schon in der ersten Kindheit unter sich in Harmonie gebracht. Ja selbst die künstlichen Multiplicationen unserer Grössenanschauungen durch Mikroskop und Fernrohr bringen wir unwillkürlich in eine gewisse Harmonie mit unsern gewöhnlichen Anschauungen und glauben desshalb die Dinge lange nicht so gross zu sehen, als die vergrösserude Wirkung jener Instrumente verlangt. Gienge uns freilich ein neuer Raumsinn plötzlich auf, so würden die bezüglichen Empfindungen in der ersten Zeit einen gewissen Widerspruch zeigen mit denen der geschulten Sinne. Ein von Dr. Franz operirter Blindgeborener war überrascht, die ihm durch das Getast bekannten Gegenstände weit „grösser" zu sehen, als er erwartet hatte.

424. Einfach- und Doppeltsehen mit beiden Augen.

Die bisher geschilderten Gesichtswahrnehmungen können eben so gut mit einem als mit zweien Augen gewonnen werden. Wir sehen aber gewöhnlich mit beiden Augen. Von 425 bis 432 wird das binoculare Raumsehen geschildert, das zu wesentlichen Vortheilen, namentlich bezüglich der Auffassung der Tiefendimension führt, aber andererseits auch eine Reihe von Correctionseinrichtungen erheischt, ohne welche die Mitbetheiligung des zweiten Auges zu eingreifenden Störungen des Sehaktes führen würde.

Ein von beiden Augen fixirter Punkt (*a* Figur 106) — also der einzige des Sehfeldes, in welchem die verlängerten optischen Axen beider Augen sich schneiden — wird unter allen Umständen als einfach wahrgenommen; das Netzhautbild desselben fällt in jedem Auge auf die Mitte *m* und *m'* des gelben Fleckes. Die übrigen, nicht fixirten (»indirekt gesehenen«) Punkte des Sehfeldes erscheinen entweder 1) einfach. Ein solcher Punkt entwirft ein Bild auf je einen Punkt beider Netzhäute, deren gleichzeitige Erregung zur einfachen Empfindung verschmilzt. Solche Stellen beider Netzhäute heissen identische (J. Müller). Oder 2) sie erscheinen doppelt; die Netzhautbilder eines Objektpunktes fallen auf differente Stellen, solche nämlich, deren gleichzeitige Erregung zwei gesonderte Empfindungen nach sich zieht.

Identisch in beiden Netzhäuten ist das, was von den Mittelpunkten der gelben Flecke, horizontale und parallele Sehaxen vorausgesetzt, nach gleichen Richtungen des Raumes gleich weit absteht; also 1) das Oben beider Retinae, 2) das Unten, 3) das Rechts, 4) das Links. Die Schläfenseite des linken Auges ist demnach identisch mit der Nasenseite des rechten u. s. w.

425. Eigenschaften der binocularen Doppelbilder.

Ein Punkt *p*, der hinter dem fixirten Punkt *a* liegt (Fig. 106), entwirft seine Netzhautbilder in *n* und *n'* auf den (differenten) Nasalseiten. Er giebt gleichseitige Doppelbilder: das linke gehört dem linken Auge an u. s. w., wie man sich durch Schliessen eines Auges leicht überzeugt. Der relativ rechts liegende Punkt *n* des linken Auges wird nämlich als ein linker empfunden.

Ein Punkt p', der vor dem fixirten liegt, trifft beide Netzhäute auf den (differenten) Schläfenseiten in t und t'. Seine Doppelbilder sind ungleichseitige; das linke Doppelbild gehört dem rechten Auge an u. s. w.

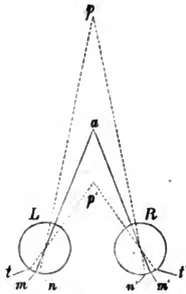


Fig. 106.

Die Doppelbilder zeigen unter sich einen gewissen Abstand, der zunimmt mit der Entfernung der resp. Netzhautbilder von der Mitte des gelben Fleckes. Die Figur zeigt unmittelbar, dass die gegenseitige Entfernung der gleichseitigen Doppelbilder zunimmt mit wachsendem Abstand von p und (dem fixirten) a und dass der Abstand der ungleichseitigen Doppelbilder wächst mit zunehmender Näherung von p' an die Augen. Ebenso zeigen Versuch und geometrische Construktion, dass der Abstand der ungleichseitigen Doppelbilder unter sich grösser ist als der der gleichseitigen, wenn p und p' gleichweit von a entfernt sind.

426. Vernachlässigung der Doppelbilder.

Gewöhnlich erscheinen uns, auch beim Sehen mit beiden Augen, alle Objekte des Sehfeldes einfach, weil wir 1) die durch Affektion differenter Stellen beider Retinae bedingten Doppelbilder vernachlässigen und weil 2) noch anderweitige Objekte, ausser dem fixirten, auf identische Stellen beider Retinae fallen und somit einfach gesehen werden können (s. 427).

Die Hauptursachen der Vernachlässigung der Doppelbilder sind: 1) Die Aufmerksamkeit ist dem fixirten Objekt zugewandt; 2) das Seitlichere im Sehfeld wird, nach Form und Farbe, viel weniger deutlich gesehen; 3) wir sind accommodirt besonders für den fixirten Punkt; 4) die Doppelbilder liegen im Sehfeld meist nahe bei einander; bei breiteren Objekten findet also grossentheils eine Deckung der Doppelbilder statt. Zu Versuchen über Doppelsehen müssen also feine, helle Objekte benützt werden. Es ist eine gewisse Anstrengung nöthig, um mit 2 Augen doppelt zu sehen.

Zur Anschauung der Hauptsachen, auf die es hier ankommt, dient am besten ein, in der verlängerten Medianebene des Körpers vor den Augen horizontal gehaltener Faden. Der von beiden Augen fixirte Punkt des Fadens wird einfach gesehen, alle anderen erscheinen doppelt, d. h. man sieht 2 sich kreuzende Fäden. Die Doppelbilder vor dem fixirten Punkt sind gleichseitige.

427. Horopter.

Unter Horopter versteht man den Theil des Raumes, welcher diejenigen Punkte enthält, die ausser dem jeweils fixirten Punkt mit beiden Augen einfach gesehen werden. Da aber, wie gesagt, beim gewöhnlichen Sehen die Doppelbilder wegfallen, d. h. auch die ausserhalb des Horopter's liegenden Objekte alsdann nicht doppelt, sondern einfach erscheinen, so hat die Bestimmung des Horopter's keine besonders eingreifende Bedeutung.

Der Horopter wird entweder 1) geometrisch construirt. Man bestimmt diejenigen Punkte des Sehfeldes, deren (durch den Knotenpunkt beider Augen gezogenen) Richtungslinien identische Punkte beider Augen treffen. Die jedesmaligen Augenstellungen müssen also gegeben sein. (P. u. A. Prevost, J. Müller, Brücke, Recklinghausen.) Oder 2) man ermittelt den Horopter experimentell; d. h. man bestimmt die Theile des Raums, die bei den verschiedenen Augenstellungen einfach oder doppelt erscheinen. (Meissner und Andere.) Die letzteren Versuche sind schwierig, indem es grosse Anstrengung kostet, nahe beisammenliegende Doppelbilder von einfachen Bildern zu unterscheiden; während andererseits die geometrische Construktion die genaueste Kenntniss der Lagen beider Retinae (über deren Formen noch dazu gewisse Voraussetzungen nöthig sind) erheischt.

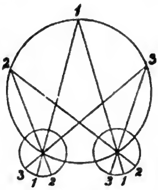


Fig. 107.

Der Horopter wechselt nach Form und Ausdehnung mit den Augenstellungen; im Speciellen gehen aber die Ansichten der Forscher auseinander. I) Beim Parallelismus der Sehaxen ist der Horopter jedenfalls eine Ebene. II) Bei den unsymmetrischen Augenstellungen ist er bloss ein Punkt. III) Beim Parallelismus der vertikalen Trennungslinien beider Augen (s. die Bedingungen in 379) ist der Horopter 1) eine Kreislinie und 2) eine auf dieser vertikal stehende und zugleich durch den fixirten Punkt gezogene Gerade. Die Nothwendigkeit des Horopterkreises für diesen Fall ergiebt Figur 107, welche einen Durchschnitt beider Augen in deren horizontalen Trennungslinien darstellt. Der fixirte Punkt 1 entwirft seine Retinalbildchen auf die Mitten beider gelben Flecke, d. h. die beiden identischen Netzhautpunkte 1; ebenso fallen die Netzhautbilder von Punkt 2 auf die identischen Stellen 2. Das Gleiche gilt von allen Punkten, z. B. 3, die in einer Kreislinie liegen, welche ausser dem fixirten Punkt die Kreuzungspunkte der Richtungslinien beider Augen enthält. — Ausserdem müssen aber auch die Richtungslinien je zweier identischer Punkte der vertikalen Trennungslinien beider Augen sich schneiden; dadurch entsteht im Raum die oben definirte senkrechte Horopterlinie. IV) Bei der Neigung der vertikalen Trennungslinien beider Augen s. 379) und zugleich symmetrischer Stellung der letzteren ist der Horopter eine gerade Linie, welche in der, den Körper in eine rechte und linke Hälfte theilenden Ebene liegt. Die beiden vertikalen Trennungslinien stehen nämlich symmetrisch zu dieser Ebene.

428. Verschmelzung der Sehfelder beider Augen.

Hält man vor jedes Auge eine, innen geschwärzte Röhre von einer gewissen Länge und betrachtet man durch die, etwa parallel gerichteten, Röhren eine homogene Fläche, so erscheinen beide Röhrenöffnungen in einem gewissen Abstand von einander; bei allmäliger Convergenz der Röhren nähern sich die Oeff-

nungen, um, wenn eine bestimmte Winkelstellung erreicht ist, zu einem einzigen Gesichtsobjekt zusammenzufallen. Jedes Auge vermittelt Empfindungen für sich, die jedoch im letztgenannten Fall verlegt werden an denselben Ort; an derselben Stelle des Raumes können wir uns aber nur ein einziges Objekt denken, diese räumliche Verschmelzung ist also ein Seelenakt.

Derselbe psychische Prozess wirkt mit zur Elimination der Doppelbilder überhaupt. Bei der Erziehung seiner Sinne macht das Kind die Erfahrung, dass die Doppelbilder Trugbilder sind, während die einfachen Bilder, die es bei Fixirung der Objekte erhält, der Wirklichkeit entsprechen. Allmälig geht diese Vorstellung von der Einfachheit der Dinge in die Empfindung selbst über, sodass das einfache Ding nicht bloss einfach gedacht, sondern sogar einfach empfunden wird (Volkmann). Für diese Auffassung ist es vollkommen gleichgültig, ob die Objekte bloss zwei oder wie bei den Insekten, tausende von Retinalbildern entwerfen.

Dieser Erklärung gegenüber hat man vielfach ausschliesslich organische Ursachen der Verschmelzung beider Sehfelder, überhaupt des binocularen Einfachsehens angenommen; z. B. je zweien »identischen« Stellen beider Netzhäute sollte eine einzige »empfindende« Stelle im Gehirn entsprechen u. s. w. Welche organischen Einrichtungen müssten aber gegeben sein, um die tausende von Retinabildchen der facettirten Augen zur Einheit zu verschmelzen! Wo die psychische Erklärung ausreicht, ist die Frage nach organischen Einrichtungen überflüssig.

429. Stereoskope.

Das binoculare Formensehen wird am besten in der Art untersucht, dass man jedem Auge eine besondere Zeichnung bietet und die respektiven Bilder durch Spiegel (Wheatstone) oder dioptrische Mittel (Brewster, Dove) im Raum zur Deckung bringt.

Das Spiegelstereoskop von Wheatstone (im Grundriss gezeichnet in Fig. 108) besteht aus den beiden Spiegeln L und R, die unter einem rechten Winkel zusammenstossen. An den unter sich parallelen senkrechten Wänden L' und R', die einen Winkel von 45° mit den Spiegeln bilden, werden die Zeichnungen befestigt. Jedes Auge sieht also nur das Spiegelbild seiner Zeichnung. Die Punkte b und b^1 beider Zeichnungen erscheinen den identischen Punkten 1 beider Augen wie ein hinter den Spiegeln in b^2 gelegener Punkt b^2. Das linke Auge verlegt c in die Richtung c^1, das rechte den Punkt a^2 gegen a^3. c^1 und a^3 treffen aber die identischen Stellen 2 beider Retinae; die Erregung wird dahin projicirt, wo beide Richtungslinien sich schneiden, nach m. Dasselbe gilt von a und c^2 der Zeichnungen, deren Retinalbilder, die auf die identischen Punkte

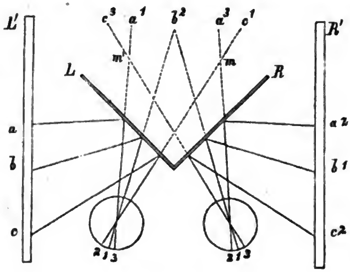


Fig. 108.

3 fallen, in den Punkt *m'* verlegt werden. Die 6 Punkte der Zeichnung fallen also zusammen in 3 Punkte des Raumes, so zwar, dass b^2 hinter der gemeinsamen Ebene von *m* und *m'* liegt, was auf wichtige Consequenzen führt, die erst in 432 erörtert werden.

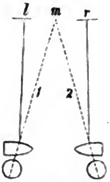


Fig. 109.

Im Brewster'schen Stereoskop sieht jedes Auge durch die eine Hälfte einer durchschnittenen Sammellinse. Punkt *l* der einen Zeichnung wird durch die Linse so gebrochen, dass er in die Richtung der punktirten Linie 1 versetzt wird; während die andere Linse dem Punkt *r* die Richtung der Linie 2 anweist. Beide Punkte erscheinen also einfach und zwar in *m* Fig. 109.

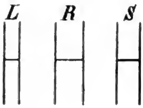
430. Das Sehen der Objekte beider Sehfelder neben- oder nacheinander.

Betrachtet man zwei ganz verschiedene Zeichnungen im Stereoskop, so können folgende Anschauungen eintreten: 1) Beide Netzhautbilder projiciren sich vollständig in das gemeinsame Sehfeld. Z. B. das Haus, welches vom linken Auge gesehen wird, steht neben dem vom rechten Auge wahrgenommenen Baum. Oder man zeichnet für jedes Auge eine halbe geometrische Figur; diese verschmelzen dann zu einer einzigen. Dieses tritt immer ein, wenn beide Zeichnungen sich nicht stören. 2) Von jedem Netzhautbild erscheint bloss ein Fragment; man sieht z. B. unter Umständen ein unregelmässiges Ganzes. Als Grundregel gilt: die Contouren des einen Sehfeldes wiegen vor über gleichmässige Grundfärbungen des anderen (Panum). 3) Beide Netzhautbilder erscheinen abwechselnd im gemeinsamen Sehfeld: der sog. Wettstreit der Sehfelder. Die beiden letzteren Fälle ereignen sich besonders dann, wenn die Zeichnungen sich kreuzen im gemeinsamen Sehfeld.

431. Verschmelzung der Objekte beider Sehfelder.

Die an dieselbe Stelle des gemeinsamen Sehfeldes verlegten Zeichnungen verschmelzen zur Einheit 1) selbstverständlich, wenn sie identisch sind, 2) aber auch dann noch, wenn sie eine, jedoch nicht zu grosse, Verschiedenheit zeigen (Wheatstone, Brücke, Panum und Volkmann). Man fertigt also zwei ähnliche stereoskopische Zeichnungen an, deren Contouren jedoch sich nicht decken, d. h. keine identischen Stellen beider Retinae treffen. *L* Fig. 110 sei im linken, *R* im rechten Gesichtsfeld; dieselben verschmelzen im Stereoskop zu einer einzigen Figur *S*. Zwei Parallelen z. B. von der Distanz von 5⅓ Millim. können noch verschmelzen mit einem dem anderen Auge gebotenen analogen Bild von

Fig. 110.



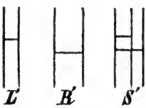


Fig. 111.

einerseits bloss $3^1/_2$ und andererseits bis zu $7^1/_2$ M. m. Distanz. Ist der Unterschied der Bilder aber noch grösser, so tritt keine Verschmelzung mehr ein.

Verbindet man die beiden Parallellinien durch Querstriche, die in ungleicher Höhe liegen (*L'* und *R'* Fig. 111), so sieht man die Figur *S'*; die beiden Parallelen verschmelzen nur desshalb nicht, weil die in ungleicher Höhe gezeichneten Querstriche nicht verschmelzen können. Also können differente Punkte für sich allein beim unbefangenen Sehen verschmelzen; beim Hinzukommen anderer differenter Punkte geschieht das aber nicht mehr, offenbar das Ergebniss einer »Schärfung der Aufmerksamkeit« (Volkmann).

Diese Thatsachen berechtigen nicht zum Schluss, die Lehre von der Identität der Netzhautstellen (424) sei unrichtig. Erregungen zweier identischer Stellen verschmelzen immer zu einer Empfindung; dasselbe kann aber auch der Fall sein bei Erregungen wenig differenter Stellen. Die Doppelbilder werden dann vermieden aus den in 426 genannten Ursachen.

432. Wahrnehmung der dritten Dimension.

Das Retinabild von im Raum hinter einander liegenden Gegenständen ist flächenhaft; gleichwohl nehmen wir die Tiefendimension wahr und beurtheilen schon beim monocularen Sehen mittelst verschiedener Hülfsmittel (s. 419) die Abstände der Körper auch in der Dimension der Tiefe. Dessgleichen gewähren uns auch Landschaftsbilder, sowie Zeichnungen einfacherer geometrischer Formen, z. B. eines Würfels, ganz befriedigend den Schein der Körperlichkeit.

Mit beiden Augen erscheinen uns aber die Gegenstände sehr viel deutlicher auch in der dritten Dimension, wir haben nunmehr eine förmliche Empfindung ihrer Körperlichkeit. Objekte von drei Dimensionen bieten nämlich beiden Augen mehr oder weniger verschiedene Ansichten; wir betrachten desshalb auch die Gegenstände bald mit dem einen, bald mit dem andern Auge, um in schwierigeren Fällen unser Urtheil über deren Tiefendimensionen festzustellen.

Sucht man kleine Gegenstände von den Seiten her mit einander in Berührung zu bringen (z. B. Einfädeln der Nadel), so ist man beim monocularen Sehen kurz vor ihrer Berührung viel unsicherer, ob sie zusammenstossen werden, als mit beiden Augen.

Das binoculare körperliche Sehen ist bedingt durch die Verschiedenheit der Contouren beider Netzhautbilder. Diese Verschiedenheit ist um so grösser: 1) je mehr die Objekte uns genähert und 2) je grösser die Abstände beider Augen sind. Darauf fusst das Telestereoskop von Helmholtz. Die Spiegel *L* und *R* werfen ihre Bilder der Landschaft auf die kleineren Spiegel *l* und *r*. Die Augen betrachten die Spiegelbildchen von *l* und *r*; es ist somit, als ob die Augen um den Abstand der Spiegel *L* und *R*, d. h. um mehrere Fusse aus einander gerückt wären. Die Landschaft erscheint überraschend körperlich und zwar bis auf 1 Stunde Entfernung, jedoch in ungewohnten Abständen, etwa wie ein verkleinertes Modell.

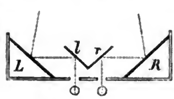


Fig. 112.

Sehr überraschend sind die Leistungen des binocularen Sehens, wenn man, anstatt die Objekte selbst, nach Wheatstone, bloss deren von den Standpunkten beider Augen gesonderte angefertigte Bilder betrachtet und dieselben im Stereoskop zur Deckung bringt. (Stereoskopische Photographieen von Landschaften, Büsten u. dgl.) Die Zeichnungen erscheinen dann auffallend körperlich. Am instruktivsten sind complicirtere geometrische Figuren, z. B. Bilder von Drahtnetzen, die selbst mit Zuhülfenahme aller die Vorstellung unterstützenden Momente, immer nur ein sehr ungenügendes Bild der Körperlichkeit bieten. In dem Fig. 429 gegebenen Schema eines stereoskopischen Versuches werden die Punkte *m'* und *m* vor *b* gesehen, indem nämlich die Kreuzungspunkte der durch die Bildobjekte gesetzten zusammengehörigen Richtungslinien die scheinbare Lage der Bilder im gemeinsamen Sehfeld bestimmen.

D. Farbensehen.

433. Eintheilung der Farben.

Die objektiven Farbenwahrnehmungen werden veranlasst durch äusseres Licht. Schwingungen des Lichtäthers von bestimmten Zahlen und Wellenlängen erregen in uns die Empfindungen bestimmter Farben. Man unterscheidet 1) die optisch einfachen Farben. Diese werden erhalten durch Zerlegung des Sonnenlichtes (der Lichtgesammtheit) mittelst eines Prisma's von geeigneter Form (s. die Lehrbücher der Physik). Die durch das Prisma zerlegten und auseinanderfahrenden Strahlen geben, auf einem weissen Schirme aufgefangen, das bekannte Farbenbild des Regenbogens, in welchem man als Hauptfarben unterscheidet: Roth (diese Strahlen sind am wenigsten von der ursprünglichen Richtung abgelenkt), Orange-Gelb, Grün, Blau, Indigo, endlich Violett (als die brechbarsten Strahlen). Diese optisch einfachen Strahlen können nicht weiter zerlegt werden. 2) Die optisch zusammengesetzten Farben (Mischfarben). Zwei oder viele einfachen Farben verbinden sich zu Mischfarben, vorausgesetzt dass sie dieselbe Retinalstelle treffen. Es sind 2 Fälle möglich: 1) Weiss. Man erhält dieses durch Mischung der farbigen Strahlen in derselben Intensitat, wie sie im Sonnenlicht vorhanden sind (die Spectralfarben können bekanntlich durch ein Prisma wieder zu Weiss vereinigt werden). Oder 2) es entstehen andere Farben; z. B. Roth und Gelb geben Orange. Aber dasselbe Orange kann auch erregt werden durch optisch einfache Strahlen: es ist für uns jedoch an sich nicht unterscheidbar von Orange durch Mischung. Das Auge kann also die Mischempfindungen nicht zerlegen in ihre Componenten.

Die Pigmentfarben, sog. natürlichen Farben, entstehen wenn Licht auf die Körper fällt. Die Pigmente absorbiren gewisse Strahlen; andere aber reflektiren sie und die Körper erscheinen in der Farbe der reflektirten Strahlen. Schwarz nennen wir den Körper, der alles Licht absorbirt und nichts zurückwirft: Weiss denjenigen, der Strahlen reflektirt in der Mischung, wie sie im Sonnenlicht enthalten sind; Roth, wenn vorzugsweise rothe Strahlen zurückgeworfen werden.

Die Sonnenstrahlen zusammen bilden Weiss; nimmt man aus ihnen gewisse Strahlen weg, so muss der Rest eine gewisse Farbe zeigen; fügt man das Weggenommene wieder hinzu, so erhält man wieder Weiss. Zwei Farben, welche zusammen Weiss geben, heissen complementäre. Die ältere Farbenlehre nahm nur 3 spectrale Hauptfarben an: Roth, Gelb, Blau (die also zusammen Weiss, resp. wenn sie als Pigmentfarben mit einander gemischt werden, Grau geben). Demnach bleibt nach Entfernung des Roth ein Rest Gelb-Blau, nämlich Grün übrig. Roth wäre also complementär von Grün; ferner ist Gelb das Complement von Roth-Blau d. h. Violett; Blau von Gelb-Roth d. h. Orange. Helmholtz hat übrigens gezeigt, dass auch gewisse Zusammenstellungen von nur zwei optisch einfachen Farben Weiss geben können.

434. Farbenunterscheidung.

Die deutlichsten Farbenwahrnehmungen vermittelt der gelbe Fleck der Netzhaut. Die Farben der seitlicheren Objekte im Sehfeld nehmen an Lebhaftigkeit ab, ja bei einem gewissen Winkelabstand des farbigen Objektes von der optischen Axe verschwindet für uns dessen Farbe gänzlich und dasselbe erscheint bloss hell, wenn es auf schwarzem Grunde, oder dunkel, wenn es auf weissem Grunde gesehen wird (Purkinje).

Die Schwingungszahlen des Lichtäthers wechseln vom Roth bis zum Violett. Das äusserste Roth macht 481 Billionen, das äusserste Violett dagegen 764 Billionen Schwingungen in der Sekunde. Es giebt also unendlich viele Strahlen derselben Farbe, deren Schwingungszahlen aber nur relativ geringe Unterschiede bieten; dieselben machen auf das Auge keine verschiedenen Eindrücke mehr. Manche Menschen haben einen entwickelteren Farbensinn, sie unterscheiden z. B. eine Anzahl von Nuancen von Blau, welche für die Mehrzahl nicht mehr merkliche Unterschiede bieten. Andererseits unterscheiden Einzelne selbst differente Farbenqualitäten nicht (sog. Daltonismus), sie verwechseln z. B. Orange, Grüngelb, Reingelb — oder Violett und Blau — ja selbst Roth und Grün.

Der Daltonismus beruht auf fehlerhaften Energieen des nervösen Sehapparates. Die dioptrischen Vorrichtungen im Ange sind dergestalt, dass die Objekte Retinabilder von entsprechenden Farben entwerfen; gleichwohl kommen einige Ausnahmen vor, d. h. unrichtiges Farbensehen aus dioptrischen Gründen, die in 435 bis 437 betrachtet werden.

435. Chromatische Linsen.

Fällt vom Punkt *a*, Fig. 114, gemischtes Licht auf eine Linse, so schneiden sich die violetten und blauen Strahlen, als die brechbarsten am nächsten und die rothen als die am wenigsten brechbaren, am weitesten hinter der Linse. Die Fig. 113 stellt diese Verhältnisse für die äussersten Randstrahlen *am* und *an* des von *a* ausgeschickten Lichtkegels dar. Im Abstand *b* hinter der Linse schneiden sich in der verlängerten Linsenaxe die blauen, in *g* die gelben, in *r* erst die rothen Strahlen. An welcher Stelle hinter der Linse von *b* bis *r* man auch die

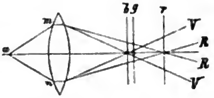


Fig. 114.

gebrochenen Strahlen auffangen mag, nie schneiden sie sich in einem Punkt, sondern sie gehen immer durch eine Kreisfläche hindurch, d. h. sie schneiden sich nur theilweis. In der Mitte ist der Kreis weiss und lichtstark, weil hier Strahlen von allen Farben den Kreis treffen; an den Rändern ist derselbe aber farbig und zwar bei *b*, dem Brennpunkt der blauen Strahlen, wie die Figur zeigt, roth, bei *r*, dem Brennpunkt der rothen Strahlen, blau. Die Bilder gewöhnlicher Linsen sind desshalb von Farbensäumen umgeben. Die Optik ist aber im Stande, durch Hülfsmittel, die in der Physik erläutert werden, diese Säume zu vermeiden und sog. achromatische Linsen herzustellen.

436. Achromatisches Sehen.

Die Objekte, die wir eben fixiren und für welche das Auge accommodirt ist, sehen wir vollkommen frei von Farbensäumen und zwar zunächst aus zwei Hauptgründen: 1) Die Farbenzerstreuung im Auge ist gering, d. h. die von jedem Punkt des Objektes ausfahrenden Strahlen gemischten Lichtes werden nahezu auf demselben Retinalpunkt vereinigt. Wenn Fig. 113 das Auge und *g* (Vereinigungspunkt der gelben Strahlen) die Retina repräsentirt, so fällt in der That *b* und *r* so nahe mit *g* zusammen, dass keine Störung in der Bildschärfe entstehen kann. 2) Beide Linsenhälften wirken compensatorisch auf einander. Denken wir uns den Strahl *am* allein vorhanden, so entspricht demselben auf *g* ein Lichtstreif, der die Spectralfarben zeigt und zwar — wie die Figur ergiebt — am untersten Ende Blau, am obersten Roth. Der Lichtstrahl dagegen, den Strahl *an* auf *g* projicirt, zeigt die umgekehrte Farbenanordnung. Es findet also eine theilweise Deckung der verschiedenen Farben statt, und der dem ganzen Lichtkegel *man* entsprechende Farbenzerstreuungskreis stellt auf *g* einen weissen (lichtstarken) Kreis dar, der bloss am Rand schwach röthlich ist. Diese beim scharfen Sehen an sich schon ungemein kleinen Farbenzerstreuungskreise der einzelnen Objektpunkte decken sich aber derartig, dass der Farbensaum am Rand des Objektes wegen seiner geringen Breite und Lichtstärke verschwindet.

437. Chromatisches Sehen.

Von Farbensäumen umgeben erscheinen uns die Objekte bloss unter Verhältnissen, die dem gewöhnlichen Sehakt fremd sind, namentlich 1) bei unvollständiger Accommodation. Das zugleich deutlich Gesehene schlägt aber wegen der Lichtstärke seines Retinalbildes, der Concentration unserer Aufmerksamkeit u. s. w. derartig vor, dass zum Wahrnehmen jener Farbensäume sogar Anstrengung nöthig ist. 2) Am deutlichsten treten die Farbensäume auf bei halbverdeckter Pupille mittelst eines, dem Auge sehr nahe gebrachten undurchsichtigen Schirmes. Betrachtet man dann z. B. einen horizontalen Fensterrahmen,

während die untere Hälfte der Pupille verdeckt ist, so zeigt der untere Rand des Rahmens einen blauen, der obere einen rothgelben Saum. Bei Verdeckung der oberen Pupillenhälfte treten die Farbensäume in umgekehrter Ordnung auf.

Zur Erklärung des eben Gesagten denken wir uns eine grosse Anzahl senkrecht über einander liegender Punkte, die weisses Licht ausschicken, also eine (feine) weisse Linie, die bei verdeckter unterer Pupillenhälfte gegen einen dunklen Hintergrund betrachtet werde. Beschränken wir uns auf den von jedem Einzelpunkt der Linie ausgeschickten obersten Randstrahl (*a m* Fig. 114), so haben wir so viele Einzelspectra (nach 436 mit oberster rother und unterster violetter Grenze) senkrecht über einander liegend als wir einzelne Leuchtpunkte annehmen. Die benachbarten Spectra aber decken sich; dadurch entsteht wieder weiss; nur an beiden Enden des Retinalbildes fehlen die Deckungen; also muss das weisse Retinalbild der Linie eine obere rothe und eine untere blaue Grenze haben. Dem Unten im Objekt entspricht aber ein Oben im Retinalbild, also erscheint die unterste Grenze der weissen Linie roth; die oberste Grenze aber blau. Desshalb erscheint in dem Versuch mit dem horizontalen Fensterrahmen (derselbe ist dunkel gegenüber dem Hintergrund z. B. einer weissen Wolke) die untere Scheibe blau an ihrem oberen Rand, die obere Scheibe roth an ihrem unteren Rand, wiederum Verdeckung der unteren Pupillenhälfte angenommen.

Bezüglich seiner Leistungen beim gewöhnlichen Sehen ist demnach das Auge ein vollkommener achromatischer Apparat; physikalisch genommen verhält es sich aber anders, wie schon Fraunhofer zeigte. Wir sehen kleine violette Objekte deutlich noch in grösserer Nähe als rothe und rothe deutlich noch in grösserer Ferne als violette. Liess Helmholtz einfarbiges Licht durch eine feine Oeffnung eines Schirmes fallen, so sah er die Oeffnung noch punktförmig d. h. ohne Zerstreuungskreis, in einem Abstand von 2½ Meter beim rothen, dagegen noch von ½ Meter beim violetten Licht.

438. Primäre Nachbilder.

Die Gesichtsempfindungen überdauern jedoch nur um ein Minimum (1/10 bis höchstens ½ Sekunde) selbst diejenigen objektiven Lichtreize, welche nur momentan und mit mässiger Lichtstärke einwirkten. Betrachtet man verschiedene Farben in schnellem Wechsel, so entsteht die Empfindung einer homogenen Farbe, indem die neue Sensation sich einstellt, ehe die alte abgeklungen ist. Entsprechen die schnell auf einander folgenden Farben ungefähr den Hauptfarben des Spectrums, so kann man selbst eine Art Weiss (Grauweiss) erzielen. Plateau trug auf eine runde schwarze Scheibe, die mit messbarer Geschwindigkeit umgedreht werden konnte, einen Sector von irgend einer Farbe auf; bei einer gewissen Umdrehungsgeschwindigkeit erschien auch der schwarze Theil der Scheibe mit der Farbe des Sectors überzogen. Die Dauer des Eindruckes (bis zu dessen Erblassen) ist also ungefähr = einer Umdrehungszeit der Scheibe. Weiss und Gelb bedingen ein wenig längere Nachwirkungen als Roth und Blau (Gelb z. B. 21⅓, Blau 19⅓ Tertien). Diese Fortdauer der Erregung des nervösen Sehapparates ist dadurch charakterisirt, dass die Empfindungen ihre ursprünglichen Farbenqualitäten bewahren; daher die Bezeichnung primäre Nachbilder gegenüber den secundären (439).

Die primären Nachbilder veranlassen auch mancherlei Täuschungen über die Gestalten und Bewegungen der Objekte. Eine mit einer gewissen Geschwindigkeit im dunkeln Raum im Kreis herumbewegte feurige Kohle macht den

Eindruck einer feurigen Kreislinie; die Rakete, der Blitz, die Sternschnuppe bedingen ebenfalls einen continuirlichen Eindruck. Zeichnet man auf jede Seite einer Scheibe ein Bild, so vereinigen sich die Bilder, wenn die Scheibe schnell gedreht wird, zu einem Ganzen. Hieher gehört auch die bekannte stroboskopische Scheibe Plateau's. Man zeichnet einen Gegenstand mehrmals auf die Peripherie eines Kreises und zwar in verschiedenen successiven Phasen einer Gesammtbewegung, z. B. eines Sprunges. Werden diese Bilder mit einer gewissen Geschwindigkeit an dem Aug vorbeibewegt, so nimmt man nur einen, aber in Bewegung begriffenen Gegenstand wahr.

439. Abstumpfung des Auges durch Farben.

Betrachtet man unverwandten Blickes ein farbiges Objekt, um sodann das Auge zu schliessen oder auf eine weisse Fläche zu richten, so erscheint das früher fixirte Objekt in seiner wahren Gestalt und ursprünglichen Farbe, d. h. als primäres Nachbild. Setzt man aber die Betrachtung des Objektes länger fort, so verliert dessen Farbe die frühere Lebhaftigkeit; jetzt erscheint das Nachbild desselben (unter den so eben genannten Nebenbedingungen) in der complementären Farbe. Hat man z. B. Roth betrachtet, so ist das Nachbild auf einer weissen Fläche oder bei geschlossenem Auge grün. Diese Nachbilder nennt man secundäre. Die objektiven Farben werden in diesem Retinalzustand anders empfunden, als unter gewöhnlichen Verhältnissen; daher bezeichnet man die betreffenden Wahrnehmungen als physiologische oder accidentelle Farben. Diese Erscheinungen, die namentlich von Plateau, Fechner und Brücke studirt wurden, sind einer wirklichen Erklärung natürlich erst dann fähig, wenn die chemischen und physischen Veränderungen bekannt sein werden, welche das Licht und die einzelnen Farben im nervösen Sehapparat hervorrufen. Vorläufig könnten etwa folgende Anhaltspunkte aufgestellt werden: Durch fortgesetztes Betrachten einer Farbe wird die Netzhaut einerseits für diese abgestumpft, andererseits aber in einen (gewissermaassen antagonistischen) Erregungszustand versetzt. 1) Schliesst man nun das Auge, so waltet dieser Erregungszustand vor: man sieht die Complementärfarbe. 2) Betrachtet man dagegen Weiss (von mässiger Helligkeit), so erscheint die complementäre Farbe noch lebhafter, weil die im Weiss enthaltenen Strahlen (minus diejenigen, für welche das Auge abgestumpft ist) die vorhandene Erregung verstärken. 3) Blickt man auf die Complementärfarbe, so erscheint diese dem ohnediess in dieser complementären Farbenstimmung befindlichen Auge noch lebhafter. 4) Wendet man das Auge auf die früher betrachtete Farbe, für welche die Retina abgestumpft ist, so sieht man ungefähr Grau, eine Art Surrogat für das (theoretisch verlangte) Weiss. 5) Blickt man auf irgend eine andere Farbe, so combinirt sich diese mit der vorhandenen subjektiven Farbenstimmung. Z. B. Grün hat das Auge in die Farbenstimmung Roth versetzt; objektives Blau erscheint nunmehr violett.

Die secundären Nachbilder verändern ihren Ort mit den Augenbewegungen, ihre Grösse mit dem Abstand der Fläche, auf die sie projicirt werden. Ihre Dauer nimmt zu mit zunehmender Stärke und Dauer des primären Eindruckes; sie verschwinden übrigens weder plötzlich, noch durch successives Erblassen, sondern unter manchfaltigem Farbenwechsel: sog. Abklingen der Nachbilder. Durch Uebung gelingt dem dazu Disponirten ein besonders langes Festhalten der Nachbilder. Intensive Nachbilder können übrigens auch von Objekten entstehen, die der Aufmerksamkeit vollständig entgangen waren. Die Nachbilder der seitlichen Sehfeldsobjekte sind schwächer und von kürzerer Dauer als die der fixirten (Aubert).

440. Contrastfarben.

Zwei Farben neben einander gestellt, bedingen jede etwas andere Eindrücke, als wenn wir sie einzeln für sich betrachten. Ein farbiges Objekt auf weissem Grund erscheint uns mit einem Saum von der complementären Farbe; ist das Objekt gehörig gross, so nimmt selbst der weisse Grund eine ganz schwache complementäre Färbung an. Liegt das Objekt auf schwarzem Grund, so empfinden wir das Schwarz nicht mehr als reines Schwarz. Viele Farben, namentlich die complementären, erscheinen uns lebhafter und reiner, wenn sie neben einander stehen.

Zu den subjektiven Farbenerscheinungen gehört auch die sog. Irradiation. Darunter versteht man die scheinbare Vergrösserung hell erleuchteter Gegenstände im dunkeln Raum, sowie umgekehrt die scheinbare Verkleinerung dunkler Körper auf erleuchteter Fläche. Manche früher hieher gerechneten Phänomene sind rein dioptrischer Natur, d. h. sie lassen sich auf Zerstreuungskreise zurückführen; andere aber gehören wahrscheinlich in das Gebiet der Irradiation im hergebrachten Sinn. So z. B. die Vergrösserung der Sterne in der Nacht, gegenüber der Dämmerung; oder die helle Mondsichel, welche als ein Theil einer grösseren Kreisfläche erscheint als die übrigen, nur schwach erleuchteten Parthieen der Mondscheibe.

441. Verschiedene Farben beider Sehfelder.

Betrachtet jedes Auge eine besondere Farbe, so dass beide Farben identische Stellen beider Retinae treffen (am besten bedient man sich auch hierzu des Stereoskopes), so tritt entweder: 1) der sog. Wettstreit (430) beider Sehfelder ein, d. h. beide Farben tauchen abwechselnd auf im gemeinsamen Sehfeld, oder 2) es überwiegt eine Farbe, ohne jedoch ganz rein zu sein (wie man beim Schliessen eines Auges sogleich wahrnimmt), oder 3) ein Theil des Sehfeldes erscheint in der einen, ein anderer in der zweiten Farbe, oder endlich 4) beide Farben verbinden sich deutlich zu einer Mischfarbe (Haldat, Dove, Brücke). Die, früher vielfach angezweifelte, Sensation der Mischfarbe tritt wohl für Jedermann überzeugend ein, wenn man die beiden primären Farben zur Vergleichung daneben stellt. Die durch die Farben gesetzten Erregungszustände können also einzeln

dem Gehirn zugeführt werden, um dort zur resultirenden Empfindung zu verschmelzen.

Sind die zwei Farben der beiden Sehfelder qualitativ gleich, aber verschieden hell, oder ungleich (jedoch führt nicht jede Zusammenstellung zum Ziel), so nimmt die Mischfarbe des gemeinsamen Sehfeldes einen oft sehr auffallenden Glanz an (Dove).

Was den oben erwähnten Wettstreit der Farben beider Sehfelder betrifft, so erfolgt auch hier der Durchgang von einer Farbe zur andern durch eine wirkliche Combination des Inhaltes beider Sehfelder, wie Dove aus dem momentan eintretenden Glanz beweist. Betrachtet man z. B. mit einem rothen Glas vor dem einen und einem grünen Glas vor dem andern Auge ein grünes Bild auf rothem Feld, so erscheint zuerst das Bild dunkel auf rothem Grund, dann das Ganze lebhaft glänzend, dann verdunkelt sich Roth, während man Grün sieht, hierauf kommt wieder der Glanz u. s. w.

Wie sehr Farbenempfindungen, die durch ein Auge vermittelt werden, auch auf das andere bestimmend wirken können, beweist folgender Versuch Fechner's. Sieht man mit dem Auge a durch ein vorgehaltenes Glas gegen den Himmel, während das andere Auge b entweder geschlossen bleibt oder ohne Farbenglas den Himmel (oder Weiss) betrachtet, so wird a zu Nachbildern disponirt von der zum Farbenglas complementären Farbe, b dagegen zu Nachbildern von gleicher Farbe wie das Farbenglas. Diese Erfahrung besagt nichts anderes als: die durch eine Farbe direkt gereizte Netzhaut, sammt ihrem Centralapparat, kommt in sehr viel stärkere Affektion, als der nervöse Apparat des andern, nicht gereizten Auges, das bloss gleichfarbige (primäre) Nachbilder zeigt. Man kann in der That nach monocularem Betrachten einer Farbe ein sehr starkes complementäres Nachbild erhalten in einer Periode, wo das vorher geschlossene Auge noch keine Spur eines primären Nachbildes vermittelt.

442. Lichtstärke.

Kleine Lichtmengen empfinden wir nicht; die Stärken unserer Empfindungen wachsen mit zunehmenden Lichtmengen; überschreiten die letztern aber eine gewisse Grenze, dann tritt die mehr oder minder schmerzhafte Sensation der Blendung ein. Kommen wir nach nicht zu kurzem Aufenthalt in einem dunkeln Raum in einen auch nur mässig hellen, so sind wir vorübergehend geblendet. Anhaltender Aufenthalt im Dunkel befähigt das Auge, auch bei höchst geringen Lichtmengen noch mehr oder weniger deutlich zu sehen.

Unsere Empfindungen des Lichten haben keine deutlichen Multipla, d. h. wir merken bloss, dass die eine Lichtquelle mehr oder weniger stärker ist als die andere. Wir haben desshalb zur subjektiven Vergleichung der Lichtstärken nur ein Mittel: die Bestimmung, unter welchen Verhältnissen zwei, absolut verschieden starke Lichtquellen auf uns den Eindruck gleicher Stärke machen, resp. wann der eben noch merkliche Unterschied beider Lichtstärken verschwindet. Darauf beruhen seit Bouguer die photometrischen Methoden, die in den Lehrbüchern der Physik nachzusehen sind. Helligkeitsdifferenzen von etwa $\frac{1}{60}$ vermögen wir gewöhnlich noch wahrzunehmen.

Die Angaben über das Vermögen, Lichtunterschiede wahrzunehmen, schwanken sehr (zwischen $\frac{1}{38}$ bis selbst $\frac{1}{120}$), was sowohl von dem benützten Versuchsverfahren, als namentlich vom Auge des Experimentators abhängt.

Ein schwaches Licht im hellen Sonnenschein nehmen wir nicht mehr wahr, da (nach einem allgemeinen Gesetz der Sinnesphysiologie) der stärkere Eindruck

den geringern schwächt oder vollständig unterdrückt. Erkennen wir an zwei Leuchtkörpern eben noch einen Unterschied, so bezieht sich das nicht auf den absoluten, sondern nur auf den relativen Unterschied der Lichtstärken.

Betrachtet man z. B. zwei Wolken, die gerade noch einen spurweisen Lichtunterschied bieten und nimmt dann graue, das Licht bedeutend (z. B. um $^2/_3$) dämpfende Gläser vor die Augen, so ist auch der Lichtunterschied beider Wolken auf $^1/_3$ des früheren Werthes reducirt. Der Unterschied der Lichtstärken bleibt aber für das Auge mindestens noch ebenso merklich als vorher (Fechner).

Bei gewöhnlichen Lichtmengen empfinden wir keinen Helligkeitsunterschied, ob wir mit einem oder beiden Augen sehen, was, wie eine kurze Ueberlegung zeigt, für das ungefährdete Bestehen der Sehwahrnehmungen durchaus nöthig ist. (Beim Schliessen eines Auges erweitert sich die Pupille nicht bloss dieses, sondern auch des offenen Auges; man erhält dann mehr Licht. Doch erklärt das nicht den ganzen Erfolg.) Im schwachen Licht der Dämmerung können wir aber mit zwei Augen noch lesen, wenn das einem Auge allein unmöglich fällt; andererseits blendet starkes Licht beide Augen früher als eines allein.

E. Entoptisches Sehen.

443. Extraretinale Schattenfiguren.

Wir können Theile des eigenen Auges unmittelbar wahrnehmen (sog. entoptisches Sehen) und zwar entweder die Schatten oder die Drücke, welche die Netzhaut unmittelbar von diesen Theilen empfängt. Die Schattenfiguren zerfallen in extra- und intraretinale. Die erstern sind namentlich von Listing und Donders untersucht worden. Kleine Körperchen auf der Hornhaut und in den übrigen dioptrischen Apparaten des Auges bis selbst ziemlich nahe vor der Retina, werfen keine Schatten, weil immer eine genügende Menge Lichtstrahlen hinter diesen Körperchen die Retina erreichen. Halten wir dagegen ein in ein Kartenblatt gestochenes kleines Loch nahe vor das Auge und blicken durch dieses gegen den Himmel, so wird die Retina bloss beschienen von einem Punkte aus: dem zum Leuchtpunkt gewordenen Loch des Kartenblattes. Liegt das Loch im Brennpunkt des Auges (Fig. 114 *f*), also etwa 13 Millim. von diesem entfernt, so verlaufen die Lichtstrahlen parallel im Auge; die Schatten auf der Retina sind dann so gross, als die Schattengebenden Körper. Liegt das Loch dem Auge näher, so divergiren die Strahlen: die Schatten werden grösser. Liegt endlich das Loch jenseits des Brennpunktes, so convergiren die Strahlen gegen einen Punkt hinter der Netzhaut: die Schatten werden demnach kleiner. Schattengebende Körper in physiologischen Zuständen können sein: Thränen, Secrettröpfchen der Augenliddrüsen; Theile der Linse (dunkle Flecken, Streifen, sternförmige Schatten) oder des Glaskörpers, z. B. blasse Zellen und die bekannten Perlschnüre (schwach granulirte Fasern im Glaskörper).

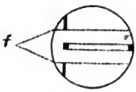


Fig. 114.

444. Intraretinale Schattenfiguren.

Man kann die Netzhautgefässe des eigenen Auges in vollendetster Weise zur Selbstanschauung bringen (Purkinje's Netzhautaderfigur). Wenn man in einem sonst dunkeln Zimmer eine Lichtflamme nahe vor dem Auge hin- und herbewegt, so erscheinen nach und nach und immer vollständiger die Retinalgefässe und zwar, wegen der Projection in das Sehfeld, bedeutend vergrössert. Die Aderfigur entsteht, indem die Netzhautgefässe ihre Schatten auf die Lichtaufnehmende Schicht der Retina werfen. Im rechten Auge erscheint die Eintrittstelle der Sehnerven rechts, die Macula lutea links (und zwar scheinbar gefässlos). Die Verschiebung (Parallaxe) der Gefässschatten bei Bewegung des Lichtes ist bedeutend; die meisten Retinalgefässe liegen aber hinter der Schicht der Sehnervenfasern; daraus schliesst H. Müller, dass die Lichtaufnehmende Schicht in einem gewissen Abstand hinter den Gefässen liege, also nichts anderes sein könne, als die Schicht der Stäbchen und Zapfen.

Betrachtet man starr eine homogene Fläche, den blauen Himmel, ein Schneefeld, am besten aber das beleuchtete Milchglas einer Lampe, so erblasst bald die Farbe der Fläche. Bewegt man zugleich die wenig gespreizten Finger sehr schnell vor dem Auge hin und her, so tauchen einzelne Strömchen auf, die sich bald mehren und schliesslich sieht man eine grosse Zahl feinster, wegen der Projection auf das Milchglas scheinbar sehr schnell fliessender Capillarströme; selbst die einzelnen Blutkörperchen können als kleine continuirlich fliessende Pünktchen noch unterschieden werden. Das prachtvolle Phänomen, zu dessen vollendeter Anschauung Disposition nöthig ist, war Boissier de Sauvages theilweis bekannt; Steinbuch, Purkinje und Meissner haben es später beschrieben; Vierordt benützte es zur Messung der Capillarblutgeschwindigkeit. Letztere beträgt etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Millim. in der Sekunde.

445. Entoptische Druckfiguren.

Drückt man den Augapfel möglichst gleichmässig von vorn nach hinten, so erhält man die grossen Netzhautgefässe in ihrer charakteristischen Ramification und mit bläulich silberglänzender Farbe (Purkinje, Vierordt), ausserdem aber auch die innere Schicht der Choroidealgefässe und zwar als intensiv rothes Netz mit den für diese Capillarität unverkennbaren Formen der (schwarz erscheinenden) Maschenräume (Vierordt). Beiderlei Gefässsysteme zeigen keinen sich bewegenden Inhalt.

In sehr seltenen Fällen, namentlich beim Aufwachen oder Einschlafen im Dunkel, können selbst einzelne Capillarströmchen mit deutlichen gelben Blutkörperchen spontan oder beim Druck auf das Auge zum Vorschein kommen. Durch starke Anstrengung der Aufmerksamkeit sind diese Anschauungen, welche übrigens nur wenigen disponirten und in fortgesetzter Uebung gehaltenen Augen gelingen dürften, eine Weile festzuhalten. Von einer Erklärung des Phänomens (es fehlt ja alles objektive Licht!) kann vorerst die Rede nicht sein.

XXI. Riechen.

446. Riechsubstanzen.

Viele Substanzen bezeichnen wir als Riechkörper, andere dagegen sind uns in dieser Beziehung vollkommen indifferent. Die Körper, die wir riechen, müssen 1) in die Luft übergehen, 2) die Nasenschleimhaut durchdringen und 3) den Riechnerven afficiren können. Die erste und wohl auch zweite dieser Eigenschaften kommt jedoch noch vielen geruchlosen Substanzen zu; die dritte, wichtigste, kann abhängen:

1) Von objektiven Eigenschaften des Riechbaren selbst, welche allein im Stande wären, den Riechnerven zu afficiren. Bis jetzt ist aber kein einziges physikalisches oder chemisches Unterscheidungsmerkmal der Classe der riechbaren und der geruchlosen Substanzen bekannt, desshalb ist es sehr viel wahrscheinlicher, dass das Vermögen der Körper, den Geruchsinn zu afficiren, abhängt

2) von der Eigenschaft des Riechnerven selbst, die Riechstoffe auf dem Wege der Diffusion in sich aufzunehmen und durch dieselben irgendwie chemisch verändert zu werden.

Objektiv nahe verwandte Körper können riechbar oder nicht riechbar sein, sowie andererseits durchaus heterogene Substanzen analoge Geruchsempfindungen hervorzurufen vermögen; den Geruch des Arsen nennt man knoblauchartig, den des Knoblauchs phosphorartig u. s. w. Eine Classifikation ist noch nicht versucht worden und auch kaum ausführbar, da die Gerüche ausserordentlich viel mannigfaltiger sind als die Geschmäcke, die sich in wenige bestimmte Hauptkategorieen eintheilen lassen. Die quantitativen Differenzen der Riechkörper unter sich sind enorm; manche, wie Moschus, Camphor, wirken sehr intensiv, d. h. in grösseren Entfernungen, andere nur sehr schwach, und in nächster Nähe.

447. Riechnerv.

Einwirkungen auf die Nasenschleimhaut können sehr verschiedenartige Empfindungen setzen, nämlich: 1) Temperatur- und 2) Tastempfindungen (s. 323) und deren Steigerung zu 3) schmerzhaften Gemeingefühlsensationen. Diese letzteren werden theilweise auch als Geruchsempfindungen, z. B. concentrirte Ammoniak- oder Essigsäuredämpfe als stechende Gerüche, aufgefasst. (In grösseren Verdünnungen veranlassen die genannten Körper wirkliche Geruchsensationen.) Alle diese Empfindungen sind vermittelt durch die Trigeminusfasern der Nasenschleimhaut; die 4) Geruchsempfindungen dagegen durch den N. olfactorius. Beim angeborenen Mangel dieses Nerven und nach Durchschneidung der Lobi olfactorii (die Operation ist nach Biffi an

jungen Thieren am besten ausführbar) fehlt das Geruchsvermögen vollständig. Der Olfactorius versorgt nur den oberen Theil der Nasenscheidewand und die zwei oberen Muscheln. Die Verzweigungen des Geruchsnerven dringen nämlich auf jeder Seite in einer Doppelreihe durch die Löcher des Siebbeines in die Nasenhöle. Die äussere Reihe vertheilt sich an der Innenwand des Labyrinthes des Siebbeines und in die obere und mittlere Muschel; die innere Reihe in den oberen und vorderen Theil der Nasenscheidewand. M. Schultze hat neuerdings eigenthümliche Endigungsweisen der Olfactoriusfasern in der Nasenschleimhaut wahrscheinlich gemacht; über die physiologische Bedeutung dieser Entdeckung, wegen welcher auf die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie verwiesen wird, kann noch nichts ausgesagt werden.

448. Geruchsempfindungen.

Die Feinheit und Schärfe des Sinnes ist wenigstens für manche Riechkörper eine ganz ausserordentliche. Enthält ein Luftvolum ein Milliontel und noch weniger Schwefelwasserstoffgas, so wird letzteres noch deutlich wahrgenommen; Ammoniak noch bei einer Verdünnung von $\frac{1}{33000}$ (Valentin). Geradezu fabelhaft erscheint die Feinheit des Sinnes in den Leistungen der Spürkraft mancher Thiere.

Empfängt jedes Nasloch eine Riechsubstanz, so erfolgt nach Valentin keine Vermischung der Empfindung, sondern wir riechen abwechselnd bald den einen, bald den andern Körper. Ueber die schnelle Abstumpfung des Sinnes s. 318.

Der Sinn ist ein niederer; er dient als Wächter für unsere Leiblichkeit und trägt zu unserer intellektuellen Ausbildung nichts bei. Die Widersprüche hinsichtlich der Auffassung von Gerüchen sind sehr gross unter den Menschen; Einzelne riechen ganz bekannte Gerüche gar nicht; oder es kommt ihnen widrig vor, was die Mehrzahl angenehm afficirt und umgekehrt. Die Nachgerüche und die subjektiven Gerüche sind noch nicht studirt; die Einbildung spielt gerade hier eine Hauptrolle. Dass der Olfactorius nach Einwirkung von Drücken, Elektricität u. s. w. Geruchsempfindungen errege, ist nicht wahrscheinlich.

449. Mechanische Bedingungen des Riechens.

Für die Luftthiere muss das Riechbare luftförmig sein. Im Wasser riechen wir entschieden nicht; wird Wasser in die Nase gegossen, so hört nach E. H. Weber die Fähigkeit des Riechens (durch Veränderung des Schleimhautepitels?) kurze Zeit auf.

Diese Bedingungen beziehen sich natürlich bloss auf die in der Luft athmenden Thiere. Der Fisch riecht unzweifelhaft.

Die normale Befeuchtung der Nasenschleimhaut ist zum Riechen unerlässlich. Die grosse Schleimhautoberfläche sowie die Nebenhölen der Nase tragen zur Erhaltung der normalen Feuchtigkeitsgrade wesentlich bei. Die vom

Olfactorius versorgte Schleimhautparthie wird vom Luftstrom nicht direkt getroffen und dadurch vor zu starker Verdunstung behütet. Bei trockener Schleimhaut oder den stärkeren Schleimbelegen im Schnupfen riechen wir nicht oder nur sehr unvollkommen.

Wir riechen um so besser, je kräftiger und breiter der durch die Nase streichende Luftstrom ist. Hält man den Athem an, so werden stark riechende vor die Naslöcher gebrachte Substanzen nicht wahrgenommen; bei den schnellen, kräftigen Inspirationen des Schnüffelns, wobei die Nasenflügel zugleich weit geöffnet werden, riechen wir besonders gut. Zuhalten des einen Naslochs beeinträchtigt sehr die Intensität der Empfindung. Beim ruhigen Einathmen riechen wir nur schwach, weil die Luft auf dem Boden der Nasenhöle hinstreicht und sich nur wenig in die oberen Regionen derselben zerstreut. Letzteres wird erst möglich bei kräftigeren Inspirationen: die untere Muschel, die vom Inspirationsstrom direkt getroffen wird, dient nach Bidder vorzugsweise als Zerstreuungsmittel des Luftstroms. Bei Gelegenheit chirurgischer Operationen wurde schon mehrfach bemerkt, dass Ströme riechbarer Substanzen, direkt auf die oberen Muscheln applicirt, nicht gerochen werden. Die Richtung des Luftstromes ist also entscheidend; während der Ausathmung riecht man bekanntlich fast gar nicht.

Eine starke Entwickelung der Schleimhautoberfläche der Nase und bestimmte Configurationen derselben unterstützen wesentlich die erörterten mechanischen Hülfsmittel des Riechens und somit die Feinheit des Sinnes.

XXII. Schmecken.

450. Schmeckstoffe.

Die Geschmacksempfindungen sind viel weniger zahlreich, aber unter einander unterscheidbarer und darum deutlicher als die des Geruches. Dieselben zerfallen in 4 ganz bestimmte Classen: Salzig, Sauer, Süss, Bitter. Ueber die Eigenschaften der Schmeckstoffe als solcher und im bestimmten Gegensatz zu den Unschmeckbaren ist nichts bekannt und es wiederholen sich hier ähnliche Folgerungen, wie sie in 446 bezüglich der Riechstoffe aufgestellt wurden. Physikalisch und chemisch durchaus verschiedenartige Körper können verwandte Geschmacksempfindungen erregen; bitter ist z. B. Chinin und Bittersalz.

Ueber die mit Geschmacksinn begabten Flächen der Mundhöle besteht ein alter Streit. Am meisten bevorzugt ist jedenfalls die Wurzel der Zunge; dann folgen deren Ränder und schliesslich die mittleren Theile der Vorderhälfte des Organs. Die Unterfläche der Zunge schmeckt nur schwach. Ausserdem sind die

vorderen Gaumenbögen und wohl auch der weiche Gaumen zu nennen; die übrigen Theile der Mundhöle vermitteln keine Geschmäcke.

451. Anderweitige Empfindungen in der Mundhöle.

Tastempfindungen kommen in der ganzen Mundhöle vor; die Zungenspitze ist sogar das bevorzugteste Tastorgan (325). Viele sog. Geschmäcke sind nichts anderes als specifische Formen von Tastempfindungen: so z. B. der beissende, prickelnde, ätzende, sandige, mehlige, pappige, zusammenziehende, herbe, laugenhafte. Sie sind desshalb auch Stellen der Mundhöle eigen, denen der Geschmackssinn fehlt, z. B. den Lippen; ihre grosse Mannigfaltigkeit aber ist der beste Beweis, wie hoch ausgebildet der Tastsinn in der Mundhöle ist.

Ferner sind die Organe der Mundhöle zu Temperaturempfindungen (für objektive Temperaturen) und zwar auch an nicht schmeckenden Localitäten, befähigt. Manche analoge Empfindungen werden als Geschmäcke bezeichnet; z. B. der Senf brennt, die Pfeffermünze erregt ein Kältegefühl; beide Substanzen sind aber durchaus geschmacklos.

Demnach sind eine Menge von Stoffen, die lebhafte Sensation auf der Zunge u. s. w. erregen, aus der Klasse der schmeckbaren zu streichen. In der Schwierigkeit, die Tastempfindungen von den eigentlichen Geschmacksperceptionen zu trennen, liegt eine Hauptursache der Widersprüche über die mit Geschmackssinn begabten Stellen der Mundhöle. Selbst Gerüche verwechseln wir mit Geschmäcken: wir meinen z. B. beim Essen von Vanille, Asa foetida, Knoblauch u. s. w. etwas zu schmecken; beim Zuhalten der Nase haben wir aber keine Empfindung. Es kommt auch der umgekehrte Irrthum vor; Chloroformdämpfe durch die Nase eingeathmet, riechen wir; es ist aber ein blosser Geschmack (Stich).

452. Geschmacksnerven.

Die Zunge wird von drei Nerven versorgt. Der Hypoglossus vermittelt die Bewegungen, der Zungenast des Trigeminus jedenfalls die Tastempfindungen des Organs, während der N. glossopharyngeus unzweifelhaft dem Geschmack vorsteht. Ob aber der Trigeminus auch Geschmacksfasern enthalte, darüber besteht ein alter, wohl noch nicht vollkommen geschlichteter Streit. Von Vielen, z. B. Panizza, wurde der Glossopharyngeus ausschliesslich als Geschmacksnerv angesehen. In neuerer Zeit neigt man zur Ansicht (Longet, Biffi, Schiff), der Glossopharyngeus sei der Geschmacksnerv des hinteren, der Trigeminus aber des vorderen Theiles der Zunge. Dafür sprechen 1) die Verbreitungsbezirke beider Nerven; der Glossopharyngeus versorgt die Zungenbasis, der Trigeminus die ganze Zungenoberfläche, also auch deren vordere, entschieden mit Geschmackssinn begabten Parthieen. 2) Nach Durchschneidung des Lingualis Trigemini nehmen Thiere bittere Stoffe in die Mundhöle, zeigen aber sogleich Symptome von Ekel, wenn dieselben in den Hintermund gelangen. 3) Nach Durchschneidung des Glossopharyngeus ist der Geschmack in den hinteren Theilen der Zunge unzweideutig vernichtet.

453. Geschmacksempfindungen.

Valentin hat Versuche angestellt über die Grenze der Verdünnung, bei welcher Schmecksubstanzen überhaupt noch percipirt werden; dieselbe beträgt für Chininsalze etwa $\frac{1}{33000}$, Schwefelsäure $\frac{1}{10000}$; Zucker bloss $\frac{1}{90}$ — $\frac{1}{80}$. Bittere und saure Substanzen ertragen die grössten, salzige sehr viel geringere, süsse die geringsten Verdünnungen.

Es muss geradezu auffallen, dass man das Geschmacksorgan noch nicht benützt hat zur Bestimmung des Gehaltes gewisser Lösungen an aufgelösten Bestandtheilen, entweder 1) durch methodische, bis zur Grenze des Schmeckbaren reichende Verdünnungen der fraglichen Flüssigkeiten oder 2) mittelst Vergleichung der Intensität ihrer Geschmackseindrücke mit Normallösungen von gekanntem Procentgehalt. — Das Saure soll besonders in den vorderen, das Bittere ausschliesslich (?) in den hinteren Theilen der Zunge geschmeckt werden.

Zwischen der Application des Schmeckstoffes und dem Eintreten der Empfindung liegt ein kleines Zeitintervall; am kürzesten ist dasselbe beim Salzigen, dann folgen Süss, Sauer und endlich Bitter; eine Reihenfolge, die sich auch geltend macht, wenn Mischungen zweier verschiedener Schmeckstoffe aufgetragen werden (Schirmer).

Ueber die Aufeinanderfolge der Geschmackstoffe (manche ergänzen, manche stören sich; auf Süsses schmeckt Saures schlecht u. s. w.) sowie über die Mischungen der Schmeckstoffe und die Feinheit der Unterscheidung verwandter komplicirter Geschmäcke (es mag nur an die Virtuosität einzelner Weinschmecker erinnert werden) ist man in Küche und Keller besser unterrichtet als in der Wissenschaft. Die Beihülfe des Gesichtes ist eine bekannte Thatsache; im Dunkeln schmecken wir schlecht. Die Nachgeschmäcke weichen manchmal von den primären ab; ein Bitteres (reines Bitter?) kann süsslich werden u. s. w. Ueber subjektive Geschmäcke fehlen genauere Thatsachen. Der elektrische Strom (z. B. ein Zink-Kupferstreif) erregt Geschmacksempfindungen und zwar sauer an der Eintritt-, »laugenhaft« an der Austrittstelle.

Bewegung und normale Befeuchtung der Zunge befördert die Deutlichkeit der Empfindung; bei starken Zungenbelegen oder trockener Zunge schmeckt man fast gar nicht. Kaltes und heisses Wasser heben das Geschmacks- und Tastvermögen der Zunge vorübergehend auf.

XXIII. Gemeingefühle.

454. Ursachen.

Alle Empfindungen ohne Ausnahme sind zunächst nichts anderes als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der sensibelen Nerven (306). Die

grosse Mehrzahl dieser Wahrnehmungen hängt ab von äusseren Einwirkungen und wir beziehen sie ausschliesslich auf die Aussenwelt (objektive Sinnesempfindungen) S. 313 und 314. Gemeingefühlsempfindungen dagegen sind diejenigen, welche wir nicht nach Aussen, sondern in unseren Körper selbst verlegen. Wird die Definition in diesem weitesten Sinne gestellt, so sind Gemeingefühlsempfindungen möglich unter folgenden beiden Hauptbedingungen:

I) Die Empfindungen werden nicht veranlasst durch Dinge der Aussenwelt, sondern durch im Körper selbst liegende Ursachen. Diese letzteren erregen entweder *a)* die Sinnesnerven selbst; dann entstehen die, 312 erwähnten, subjektiven Empfindungen, welche den objektiven qualitativ ähnlich sind. Hieher gehören z. B. manche Wahrnehmungen von Funken, Farben, Geräuschen, Tönen u. s. w., die wir, da es uns sogleich gelingt, die Abwesenheit entsprechender äusserer Einflüsse zu erkennen, als spontane Erregungen unserer eigenen Sinnesapparate auffassen. Oder *b)* gewisse Zustände der überhaupt mit Sensibilität begabten Körpertheile veranlassen Empfindungeu; z. B. der ermüdete Muskel, der Magen des Hungernden u. s. w.

II) Die Empfindungen werden hervorgerufen durch Dinge der Aussenwelt. *a)* Die äussere Ursache wirkt zu heftig auf das Sinnorgan; es entsteht dann nicht etwa eine Steigerung der gewöhnlichen Empfindungen, sondern etwas Neues: ein Schmerz. *b)* Das äussere Agens wird dem Sinnesnerven auf ungewöhnlichen Wegen zugeleitet; z. B. der Nerv wird in seinem Verlaufe erregt, also an einem Ort, wo besondere Zuleitungsapparate für das äussere Agens fehlen. Es entsteht dann eine Sensation, die, nach 315, zwar in die Peripherie verlegt wird, d. h. dahin, wo wir die entsprechenden normalen Empfindungen haben; niemals aber kann diese Sensation die Qualitäten der normalen Sensation vollkommen genau wiederholen, sie ist uns desshalb (ganz abgesehen von ihrer Intensität) mehr oder weniger unangenehm, selbst schmerzhaft. So z. B. ein Druck auf den Ulnarnerven veranlasst Schmerz in der Haut des ulnaren Randes der Hand. *c)* Der äussere Eindruck zieht nebst der ihm entsprechenden Sensation noch sekundäre Sensationen von anderer Qualität nach sich; z. B. üble Gerüche die Empfindung des Ekels, d. h. ein Muskelgefühl.

455. Qualitäten der Gemeingefühle.

Die Gemeingefühle bieten sehr grosse qualitative Unterschiede. Als ein besonderer Specialsinn kann demnach das Gemeingefühl nicht aufgefasst werden. Diese Gefühle wiederholen entweder die Qualitäten der objektiven Sinnesempfindungen (Farben-, Schall-, Druck-, Temperaturgefühle u. s. w.) oder sie stellen neue, den objektiven nicht analoge und darum als solche keiner weiteren Beschreibung und Vergleichung fähige Empfindungsformen dar, z. B. Durst-, Wollust-, Schwindelgefühl u. s. w.

Wie bei den objektiven Sinnesempfindungen, so gelingt auch hier in der Regel die richtige Deutung der Sensation, und der geistig Gesunde irrt nicht

über die Veranlassung derselben. Liegen die Ursachen der Gemeingefühle im Körper selbst, so fassen wir sie in der That auf als von Aussen unabhängige Empfindungen, d. h. als Zustände unserer eigenen Leiblichkeit; werden dagegen die Gemeingefühle direkt bedingt durch äussere Anlässe, so übersehen wir neben dem Bewusstsein unserer eigenen afficirten Leiblichkeit, gleichwohl die wahre äussere Veranlassung nicht. Wir haben also im ersten Fall ausschliesslich, im zweiten dagegen mehr oder weniger vorwiegend, die Empfindung eines veränderten Zustandes unseres Körpers selbst; desshalb können wir uns viel weniger gleichgültig verhalten, als bei den objektiven Sinnesempfindungen. Nur wenige Gemeingefühle lassen uns indifferent, die meisten sind uns entweder angenehm: sie regen uns geistig und gemüthlich an und fördern selbst den Gang vieler körperlichen Funktionirungen; oder sie sind uns unangenehm, in höherem Grade schmerzhaft; diese wirken deprimirend auf unsern geistigen Zustand und vielfach auch hemmend auf die körperlichen Verrichtungen.

Die Gemeingefühlsqualitäten sind viel weniger zahlreich und mannigfaltig als die der objektiven Empfindungen; einmal weil viele Körpertheile, wenigstens im gesunden Zustand, uns keine Nachricht geben von ihrem Dasein (wir fühlen nichts vom Druck der Baucheingeweide auf einander, vom Fliessen des Blutes in den Adern oder der Sekrete in den Drüsencanälen u. s. w.) und weil zweitens diese Sensationen viel weniger eine ruhige Beobachtung von Seiten des Empfindenden zulassen als die viel neutraleren, reineren und darum unter sich sehr viel leichter unterscheidbaren, objektiven Empfindungen.

456. Ursachen der schmerzhaften Empfindungen.

Die Entstehung der Schmerzen und aller Unlustgefühle überhaupt ist an dieselben Grundnormen gebunden, wie das Zustandekommen der gewöhnlichen objektiven Sensationen und der sonstigen, nicht schmerzhaften Gemeingefühle. Wir beschränken uns desshalb auf die unterscheidenden Merkmale der schmerzhaften Sensationen.

Schmerzen können auftreten 1) in Körperstellen, welche normaliter Druck- und Temperaturempfindungen veranlassen. Diese Schmerzen sind unter Umständen sehr intensiv. Die den Geruch-, Geschmacks-, Schall- und Lichtwahrnehmungen dienenden Nerven dagegen können keine Schmerzen veranlassen; heftige mechanische Reizung des Sehnerven im Menschen bewirkt die intensivsten Lichtempfindungen, nicht aber Schmerzen. Aber 2) auch Körpertheile, welche in uns gewöhnlich keine Empfindungen verursachen, können in bestimmten pathologischen Zuständen, und zwar unter Umständen in hohem Grade, schmerzhaft werden. Hieher gehören unter Anderem die vom Sympathicus versorgten Organe.

Als schmerzbewirkende Ursachen — dieselben mögen äussere sein, oder dem Körper selbst angehören — sind zu nennen: 1) rein mechanische Einflüsse; Drücke, Zerrungen u. s. w. 2) Anderweitige physikalische Agentien, z. B. starke Hitzegrade und 3) eine grosse Anzahl chemischer Körper. Aber auch hier kommt die, 310 hervorgehobene Erscheinung vielfach vor, dass in manchen

Organen und Geweben nur bestimmte Agentien Schmerzen hervorrufen können, während andere Einflüsse, selbst in Uebermaass ihrer Wirkung, erfolglos bleiben. Der blossgelegte Muskel z. B. ist unempfindlich, wenn er gebrannt oder heftig gezerrt wird.

Je nach der Stelle des Nerven, welche von dem schmerzsetzenden Reiz getroffen wird, unterscheidet man: 1) periphere Schmerzen, hervorgebracht durch Reizungen der Endausbreitungen der sensibelen Nerven, und 2) centrale Schmerzen, veranlasst durch Affectionen der Nerven in deren Verlauf oder deren Centren im Hirn und Rückenmark.

Die Schmerzen können sowohl durch äussere Einwirkungen, als durch Krankheitsreize selbst entstehen. In letzterem Fall hängen die Differenzen beider Arten von Schmerzen, so scheint es, theilweise auch von der Natur des pathologischen Reizes selbst ab, sodass deren nähere Betrachtung nicht hieher gehört. Eigenthümlich ist, dass der centrale pathologische Schmerz nur anfallsweise auftritt, im Gegensatz zu dem verhältnissmässig anhaltenden peripheren Schmerz. Dass der centrale Schmerz nicht am Ort des schmerzsetzenden Reizes, sondern in der Peripherie empfunden wird, musste schon in 315 hervorgehoben werden.

Wie bei den Empfindungen überhaupt, so wird auch bei den Schmerzen Integrität des Bewusstseins vorausgesetzt; in Zuständen von Betäubung kommen desshalb sonst schmerzhafte Eingriffe nicht oder nur sehr unklar zur Empfindung. Besonders merkwürdig sind aber gewisse mässigere Grade der Chloroform- und Aethernarkose; die Patienten fühlen die Messerschnitte des Chirurgen, aber bloss als einfache Tastempfindungen, ohne alle Schmerzen. Analoge Zustände wurden auch in einzelnen klinischen Fällen von chronischen Bleivergiftungen, Hirnlähmungen u. s. w. beobachtet; es waren nämlich grössere Strecken der Haut selbst für die heftigsten Eingriffe vollkommen unempfindlich, während gleichwohl die leisesten Berührungen noch wahrgenommen wurden, d. h. das Gemeingefühl ist gelähmt, nicht aber der Tast- und Temperatursinn.

457. Allgemeine Eigenschaften der Schmerzen.

Der Schmerz ist als Empfindung etwas Neues, mit den durch den betreffenden Nerven gewöhnlich vermittelten Empfindungen nicht Vergleichbares; namentlich ist er keine einfache Steigerung normaler Empfindungen, sondern er entsteht nur zufolge von Steigerung der normalen äusseren Ursachen der Empfindungen (E. H. Weber). Tauchen wir die Hand in heisses Wasser, so fühlen wir keine erhöhte Wärme; legen wir ein Stückchen feste Kohlensäure auf die Haut, so bedingt die enorme Wärmebindung der in Gasform übergehenden Substanz kein Kältegefühl; in beiden Fällen sind die Empfindungen ganz anderer Natur, sie sind schmerzhaft.

Eigenthümlich für den Schmerz ist das Ungewöhnliche der Empfindung. Dieses ist am deutlichsten in den Theilen, die uns in der Norm keine Empfindungen verschaffen; wir nennen desshalb jede Empfindung in solchen Theilen, sie mag an sich noch so schwach sein, geradezu unangenehm oder selbst schmerzhaft; so z. B. schon eine geringe Sensation im Darm. Es kommt also nicht bloss auf die Intensität der Empfindungen an, wenn sie schmerzhaft werden sollen. Pressen wir beide Zahnreihen heftig an einander, so kommt uns die dadurch verursachte lebhafte Sensation nicht als eine schmerzhafte vor; diese Sensation an sich ist ausserordentlich viel stärker als

viele mässigen Grade des »Zahnwehes«. Dasselbe gilt von einem leisen Kopfschmerz gegenüber einem starken äusseren Druck auf die Cutis.

458. Ungenauigkeit schmerzhafter Empfindungen.

Charakteristisch für den Schmerz ist eine, mit der Intensität der veranlassenden Ursache in gar keinem Verhältniss stehende Ungenauigkeit der Empfindung: 1) der Ort des Schmerzes wird falsch beurtheilt. Am grössten ist dieser Irrthum bei Krankheiten von Theilen, die normaliter uns keine Sensationen verschaffen. Die betreffenden Sensationen werden selbst in mit feinem Ortssinn begabte Körperstellen verlegt, so namentlich in die allgemeinen Bedeckungen. Das Kitzelgefühl z. B. bei Catarrhen des Kehlkopfs und der Luftröhre glauben wir in der Haut der Vorderseite des Halses wahrzunehmen. Aber auch in Theilen, die mit feinem Ortssinn ausgerüstet sind, kehrt dasselbe wieder; den Ort eines ganz beschränkten schmerzhaften Eingriffes auf die Haut können wir bei Weitem nicht so genau angeben, als den Ort, wo eine normale, nicht schmerzende Berührung stattgefunden hat.

2) Die Schmerzen sind sehr geneigt zur Irradiation, d. h. sie überschreiten gerne die Grenzen der Körperstelle, die von der schmerzsetzenden Ursache getroffen wird. Die Irradiation wächst mit der Heftigkeit des primären Schmerzes; unter Umständen kann selbst der irradiirte Schmerz stärker werden als der primäre, indem die Erregbarkeit der unmittelbar afficirten Nervenfasern sich abstumpft. Auch dadurch entstehen Ungenauigkeiten der Empfindungen und Täuschungen über den Sitz des Schmerzes.

3) Durch den Schmerz werden gleichzeitige oder nachfolgende normale Einwirkungen auf den betreffenden Nerven gestört; oder es wird die Perception derselben unmöglich gemacht; oder endlich sie lösen ebenfalls schmerzhafte Empfindungen aus. Z. B. eine auch nur leise Berührung eines schmerzhaften entzündeten Theiles kann in hohem Grade schmerzen.

4) Die Vorstellung kann den überstandenen Schmerz nicht reproduciren; es fehlt durchaus das Erinnerungsvermögen für schmerzhafte Sensationen. Ebenso verhält es sich übrigens auch mit den nicht-schmerzenden Gemeingefühlen, zum Unterschied von den normalen objektiven Perceptionen der höheren Sinnesnerven.

459. Grade des Schmerzes.

Die Natur der schmerzsetzenden Ursache ist vielfach von Einfluss auch auf die Stärke des Schmerzes, soweit von einer Vergleichung der Intensitätsgrade bei qualitativ ganz verschiedenen Schmerzempfindungen die Rede sein darf. Der, als Sensation an und für sich nicht intensive, Kitzel z. B. ist uns viel unangenehmer als ein starker schmerzender Druck. — Ausserdem hängt die Stärke der Empfindung ab von gänzlich unbekannten, individuellen Momenten, wohin namentlich auch das keiner weiteren Analyse zugängliche »psychische Verhalten« des Empfindenden gehört.

Wird aber dasselbe Individuum und dieselbe Art des Reizes vorausgesetzt, so ist auf die Stärke des Schmerzes von Einfluss: 1) die Ausbreitung der afficirten Körperstelle, resp. die Zahl der ergriffenen Nervenfasern. Taucht man einen Finger in Wasser von 39° R., so entsteht kein Schmerz, wohl aber beim Eintauchen der ganzen Hand (E. H. Weber). 2) Die Erregbarkeit des Theiles. Höhere Wärmegrade z. B. werden schneller und stärker schmerzhaft auf der Zungenspitze, als wenn sie auf die Hand wirken. Manche Stellen der Cutis z. B. des Gesichts können ziemliche Kältegrade ertragen, ohne dass Schmerzen entstehen, wobei übrigens auch die Gewöhnung von bedeutendem Einfluss sein muss. 3) Die Dauer der Wirkung des Reizes. Ein anfangs noch nicht schmerzhaftes Agens kann bei fortgesetzter Einwirkung schmerzhaft werden.

Endlich treten die Schmerzen um so schneller und stärker auf, je mehr die Ursache an Intensität zunimmt. Bei einem gewissen Intensitätsgrade des Reizes scheint jedoch die Empfindung an ihrem Maximum angelangt zu sein, sodass jenseits desselben der Schmerz keiner weiteren Steigerung fähig ist.

460. Arten der Schmerzen.

Die Sprache hat hiefür vielerlei Bezeichnungen, die theilweise immerhin Beachtung verdienen, obschon derselbe Reiz bei verschiedenen Personen nicht selten verschiedene Empfindungsqualitäten veranlasst und ausserdem mehrerlei Schmerzen neben einander bestehen oder in einander übergehen können trotz anscheinender Unveränderlichkeit der schmerzbewirkenden Ursache. Der Uebergang verwandter Arten von Schmerzen in einander ist besonders deutlich bei allmäliger Steigerung des Reizes selbst; zum Theil hängt die Erscheinung auch ab von der bald eintretenden Abstumpfung des afficirten Nerven.

Wir theilen die Schmerzen ein in 1) specifische, vermittelt durch bestimmte Organe oder Gewebe, z. B. die zahlreichen schmerzhaften Muskelgefühle, die Athemnoth, Lichtscheu, die Gefühle beim anhaltenden Hungern u. s. w.

2) Generelle Formen des Schmerzes; diese sind an keine bestimmte Oertlichkeiten gebunden. Es sind besonders hervorzuheben: 1) der stechende Schmerz; wahrscheinlich hervorgerufen durch Affektion relativ weniger Nervenfasern. 2) Der schneidende, eine Steigerung des stechenden. 3) Der brennende Schmerz ist keine erhöhte Wärmeempfindung, sondern eine Sensation eigener Art; er entsteht nicht bloss bei Einwirkung höherer Wärmegrade, sondern auch in Folge vieler anderen Veranlassungen, z. B. scharfer, kaustischer Mittel, vieler inneren Krankheitsursachen u. s. w., sowie in zahlreichen Körperstellen, die keiner objektiven Temperaturempfindung fähig sind. 4) Bei dem, namentlich in Muskeln häufigen, reissenden Schmerz scheint die Sensation eine gewisse Körperstrecke Stelle für Stelle zu durchlaufen; geschieht das Wandern sehr schnell, so entsteht der »schiessende« Schmerz (in vielen Neuralgieen). 5) Drückende, klopfende, bohrende, nagende Schmerzen kommen gerne in unnachgiebigen Theilen vor. 6) Jucken und Kitzeln sind häufige Sensationen in der Cutis und in Schleimhäuten. 7) Das Ameisenlaufen tritt

(abgesehen von gewissen Rückenmarksleiden) besonders ein bei vorübergehenden, nicht zu kurzen Drücken auf Nerven und zwar sowohl beim Beginn als nach dem Aufhören des Druckes.

461. Muskelgefühle.

Es giebt keine Körpertheile, selbst die Haut nicht ausgenommen, welche uns zahlreichere und qualitativ verschiedenartigere, im Einzelnen bis jetzt freilich viel zu wenig gewürdigte, Gemeingefühle verschaffen, als die Muskeln und zwar sowohl diejenigen der organischen Bewegung als ganz besonderes die der animalen Bewegung. Wir können die Muskeln gegenüber den Gemeingefühlsempfindungen etwa in folgende Gruppen bringen:

1) Skeletmuskeln, welche sowohl bei der Herstellung äusserer Arbeit (also zur Ueberwindung äusserer Widerstände), als auch bei den Stellungen und Fortbewegungsweisen des Körpers in Thätigkeit kommen. Diese vermitteln sehr zahlreiche Empfindungen (s. 294).

2) Muskeln, welche in bestimmten Zuständen specifische Empfindungen veranlassen. Hieher gehören namentlich auch eine Anzahl von Eingeweidemuskeln. Die wichtigsten Gemeingefühle dieser Classe sind: Durst, Hunger, das Gefühl der Sättigung mit Speise und Trank, Ekel (468—470), der Stuhldrang: die Folge lebhafterer Contractionen der Mastdarmmuskulatur und stärkerer Gegenwirkungen der Sphinctermuskeln bei angesammelten Kothmassen, in Krankheiten des unteren Darmkanales unter Umständen auch bei leerem Mastdarm. Ferner die qualitativ und quantitativ sehr verschiedenen, immer aber unangenehmen oder selbst schmerzhaften Gefühle bei anomaler Peristaltik des Darmes, z. B. Durchfällen. Der Harndrang bei stärkeren Füllungsgraden der Blase. Auch die Wollustempfindungen sind theilweis Muskelgefühle; E. H. Weber leitet die Empfindungen, die den Samenerguss begleiten, von den Muskelfasern der Samenblasen und Prostata her. Die Wehen, die Begleiter der Uteruscontractionen, sind zum Theil auch specifische, mit anderen Muskelschmerzen nicht vergleichbare Sensationen. Die Respiration vermittelt wiederum Gefühle eigener Art, z. B. die Athemnoth (472). In hohem Grade specifisch und mit nichts Anderem vergleichbar ist das, in die oberen Auglider lokalisirte Gefühl der Schläfrigkeit (offenbar vorzugsweise vom Hebemuskel des Lides bedingt); ferner die Sensation beim Gähnen, durch die Muskeln am Boden der Mundhöle hervorgerufen, sowie die Stirnschmerzen. Die verschiedenen Grade des vulgären, mit andern unangenehmen Sensationen nicht vergleichbaren, Kopfwehes sind nichts weniger als Affektionen der Trigeminuszweige der Stirnhaut, als welche man sie herkömmlich auffasst, sondern sie werden durch mancherlei Zustände, namentlich anhaltende Anstrengungen der Stirn- und Augenmuskulatur hervorgerufen.

3) Muskeln, welche selten oder selbst gar nicht Gemeingefühle veranlassen. Hieher gehört, ausser vielen organischen Muskeln, die sich, wie z. B. die Gefässmuskeln, geradezu indifferent verhalten, das Herz. Wir fühlen nichts von seinen

Bewegungen, heftige psychische Erregungen oder gewisse Krankheiten desselben ausgenommen. Auch die Athemmuskeln gehören hieher; viele Gefühle, die die Skeletmuskeln veranlassen können, fehlen hier; die Sensationen der Anstrengung z. B. kommen nur ausnahmsweis vor (471). In Krankheiten aber können die Athemmuskeln, wie die Muskeln überhaupt, Gefühle (reissende, stechende u. s. w.) veranlassen, die aber nicht specifischer Natur sind.

462. Gemeingefühle der Skeletmuskeln.

Unter den Empfindungen, welche die Muskeln des Skelets, namentlich der Gliedmaassen, uns verschaffen, sind vorzugsweise hervorzuheben: das Gefühl des Grades der Anstrengung, den wir mit den Muskeln machen müssen, oder des Widerstandes, welchen wir mit denselben zu leisten haben. Auch hier fassen wir die betreffenden Muskelgefühle vollkommen richtig auf. Spannen wir nämlich unsere Muskeln an, so haben wir eine starke Empfindung in diesen selbst; leisten wir aber einem äusseren Drucke Widerstand, so verlegen wir die Empfindung nicht in die thätigen Muskeln, sondern wir fühlen deutlich die Schwere des Gegenstandes. Diese Objektivirung des Muskelgefühls ist um so reiner, je kräftiger der Muskel; mit zunehmender Ermüdung werden wir uns immer mehr unseres eigenen Empfindungszustandes bewusst und am Ende ist letzterer allein noch vorhanden. In Krankheiten ist dieses Vermögen häufig sehr beeinträchtigt und der eigene Empfindungszustand schlägt allein vor.

Wir kennen die Lage unseres Körpers, die gegenseitigen Stellungen der Glieder u. s. w. sehr genau und zwar sowohl, nachdem wir selbst die Glieder aktiv bewegt haben, als auch wenn dieselben uns von Anderen in bestimmte Lagen gebracht worden sind. Jede specielle Stellung also verschafft uns ein bestimmtes Gesammtgefühl und zwar werden wir uns im ersten Fall bewusst der aktiven Thätigkeitsgrade der Muskeln, im zweiten dagegen der (schwachen) passiven Spannungen und Abspannungen, welche die nicht-thätigen Muskeln der durch äussere Einwirkungen in eine bestimmte Lage gebrachten Körpertheile erfahren. Diese Muskelgefühle sind von eingreifender Wichtigkeit beim Stehen und Gehen. Sie ermöglichen vorzugsweise das Aequilibriren des Körpers (s. 292); wegen ihrer pathologischen Störungen s. 463.

Das Gefühl des Wohlbefindens, einer gewissen Leichtigkeit (oder wie man sich sonst ausdrücken mag) unseres Körpers und der Gliedmaassen ist ebenfalls und zwar ausschliesslich ein Muskelgefühl; sein Gegentheil ist die in Krankheiten sehr häufig, aber auch bei Gesunden nicht selten vorkommende Empfindung einer gewissen Schwere der Glieder.

Beide Gefühle sind physiologisch erst wenig beachtet worden. Die Euphorie kommt übrigens nicht bloss beim muskelstarken Menschen vor; jeder, selbst der Schwache, kennt es, ja es kann sich selbst im Verlauf schwerer Krankheiten einstellen beim plötzlichen Besserwerden namentlich des Fiebergrades und nach erquickendem Schlaf (hier wohl bedingt durch Veränderungen in den Nervencentren).

Verwandt mit dem »Schweregefühl« ist das der Ermüdung, welches in förmliche Schmerzen: die Abgeschlagenheit, übergehen kann. Letztere tritt

ein nach Ueberanstrengung der Muskeln, in schwereren fieberhaften Krankheiten dagegen selbst bei vollkommener Körperruhe. Zu den schmerzhaftesten Gemeingefühlen endlich gehören diejenigen, welche mit den heftigeren tonischen Muskelkrämpfen verbunden sind.

463. Schwindel.

Zu den physiologisch merkwürdigsten Gemeingefühlen gehört der Schwindel, der nichts anderes darstellt, als eine bestimmte Art von Muskelgefühlen. Das Muskelgemeingefühl ist, wie schon bemerkt, dermaassen fein entwickelt, dass wir uns jeder speciellen Stellung des Körpers und seiner einzelnen Theile auf das Genaueste bewusst werden, indem jede dieser, ausserordentlich mannigfaltigen, Anordnungen ein bestimmtes Muskelgefühl, gewissermaassen die Resultante unendlich vieler Einzelempfindungen, in uns erregt. Gewisse Stellungen (s. 292) sind durch eine besondere Deutlichkeit, um nicht zu sagen Annehmlichkeit, dieser Gefühle ausgezeichnet. Alle diese Muskelgefühle bieten übrigens noch das Gemeinsame, dass wir zugleich ein bestimmtes Bewusstsein einer gewissen Stabilität und Sicherheit unserer Körperstellung haben; dieselben machen sogleich einem Gemeingefühl eigener Art Platz, wenn wir das Gleichgewicht so verloren haben, dass es nur mit grosser Anstrengung oder selbst gar nicht (beim Fallen) wieder hergestellt werden kann. Auf die Wichtigkeit dieser Empfindungen für die Stellungen und Fortbewegungsweisen unseres Körpers wurde schon in Abschnitt XVI hingewiesen.

Jede Minderung oder sonstige Beeinträchtigung dieser Gemeingefühle ist von den eingreifendsten Folgen; denn 1) die Beurtheilung der Stellungen u. s. w. des Körpers geschieht mehr oder weniger unvollkommen; daher 2) die beständige Gefahr, das Gleichgewicht zu verlieren, also Schwankungen, Unsicherheiten in den Stellungen und Bewegungen, die zudem nur mit gewissen Anstrengungen ausgeführt werden können. Verbunden sind diese Zustände mit einem specifischen, übrigens sehr grosse quantitative Unterschiede bietenden Gefühl, dem sog. Schwindel. Derselbe ist als Empfindung keiner näheren Beschreibung fähig. In den höheren Graden wird er für das Individuum sehr belästigend und psychisch beunruhigend; er tritt dann schon nach verhältnissmässig sehr geringen Veranlassungen, z. B. beim Uebergang aus der liegenden in die sitzende Stellung ein und das Stehen, geschweige Gehen, ist geradezu unmöglich. Reflexbewegungen, nämlich Erschlaffungen der Sphinctermuskeln, unwillkürlicher Abgang von Excretmassen, Schweiss, namentlich Ekel und Brechen stellen sich als häufige Begleiterscheinungen ein.

464. Ursachen des Schwindels.

Der Schwindel ist eines der gewöhnlichsten Krankheitssymptome; er kommt vor in vielen Affektionen des Hirns (Rausch, beginnende Narkose, Congestion des Blutes nach dem Kopf, Blutleere des Gehirnes u. s. w.), ferner in einer Menge anderweitiger Krankheitsinsulte, namentlich auch als erstes Symptom des Krank-

seins überhaupt; endlich in Folge voraufgegangener schwererer Leiden, daher sehr häufig noch in der ersten Zeit der Convalescenz.

Ausserdem kann der Schwindel entstehen nach längerem Liegen im Bett und ohne dass in den Nervencentren auch nur die leiseste funktionelle Störung primär vorhanden wäre. So ist das Aufstehen nach Knochenbrüchen, nach dem normalen Wochenbett u. s. w. oft von niederen Graden des Schwindels begleitet; die Coordination der Bewegungen muss wieder erlernt werden, sowie auch das Kind beim Gehenlernen diese Empfindungen zweifelsohne vielfach verspürt.

Eine dritte häufige Veranlassung des Schwindels sind ungewohnt schnelle active oder passive Bewegungen. Drehen wir uns (wir nehmen vorerst an bei geschlossenen Augen) schnell im Kreis umher, so schwankt unser Körper, wenn wir wieder ruhig stehen wollen und das Gefühl des Schwindels stellt sich in hohem Grade ein.

Die entfernten Ursachen mögen aber sein, welche sie wollen, immer rührt der Schwindel zunächst her von einem anomalen Zustand des Gehirnes, oder gewisser, die Coordination der Muskelbewegungen beherrschenden Theile desselben; Muskelschwäche, wenigstens mässigeren Grades, bedingt an sich den Schwindel noch nicht.

465. Wechselbeziehungen zwischen Schwindelgefühl und Sehsinn.

Wenn das Muskelgemeingefühl sowohl über die Stellungen als die Fortbewegungsweisen unseres Körpers uns richtig belehrt, so ist damit eine Grundbedingung erfüllt zur regelrechten Auffassung auch der räumlichen Relationen der Aussenwelt; das Ruhende erscheint uns ruhend, das Bewegte bewegt. Benachrichtigen uns aber die Muskelgefühle ungenügend oder falsch; glauben wir selbst, trotz der Ruhe unseres Körpers, bewegt zu sein, oder machen wir zitternde, unsichere Bewegungen, die wir nicht mehr genau empfinden und beurtheilen können, d. h. tritt Schwindel ein, so wird unsere räumliche Auffassung der Aussenwelt mit Nothwendigkeit gestört, wir erblicken die Gesichtsobjekte in leichten Schwankungen oder selbst in anhaltenden starken Scheinbewegungen begriffen. Wir tragen also einen Zustand unseres Körpers über auf die Aussenwelt.

Umgekehrt, kommt uns aus irgend welcher Ursache das äussere Ruhende bewegt vor, so verwirrt sich nach einer gewissen Zeit auch unser Urtheil über unseren eigenen Körperzustand; die normalen Muskelgefühle hören auf und es treten unter Umständen selbst heftige Schwindelgefühle auf, welche auch nach Schliessung der Augen fortdauern. Bei dieser zweiten Entstehungsweise des Schwindels tragen wir also Scheinbewegungen der Aussenwelt über auf unsern eigenen Körper. Wir können diesen Schwindel, als secundären, dem von unserem Körper selbst ausgehenden primären entgegenstellen.

466. Ursachen des secundären Schwindels.

Der secundäre Schwindel, in dem soeben definirten Sinne, entsteht dann, wenn die Sehobjekte uns unter gewissen ungewohnten, unsere Relationen zu ihnen wesentlich störenden Nebenbedingungen erscheinen. Die hauptsächlichsten Veranlassungen sind:

1) Nachbilder bewegter Gegenstände. Wir betrachten anhaltend Bewegtes, z. B. einen Fluss von der Brücke aus; dann kommt ein Zeitpunkt, wo a) der Fluss stille zu stehen scheint, während wir selbst die Empfindung haben, bewegt zu werden und zwar entgegengesetzt der Stromrichtung (421), oder b) wenn wir den Blick von dem Bewegten weg auf ein Ruhendes werfen, uns letzteres bewegt erscheint. Je schneller diese Scheinbewegungen sind, desto leichter entsteht secundär das Schwindelgefühl.

2) Der Anblick ungewöhnlich schnell bewegter Gegenstände, namentlich wenn sie vieles, unter diesen Verhältnissen aber mehr oder weniger undeutliches Detail bieten. Der rasch dahinfahrende Eisenbahnzug z. B. verwirrt die sinnliche Auffassung bei jedem Menschen etwas, in sensibelen kann er förmlich Schwindel erregen.

3) Ungewohnte räumliche Anschauungen. Betrachtet man Gegenstände von grossen Höhen herab, so entsteht das subjektive Gefühl des Hinabgezogenwerdens; blickt man umgekehrt hinauf an einem hohen Mastbaum, einem Kirchthurm, einer steilen Felswand, so tritt das Gefühl des Hinaufgezogenwerdens ein. Nur der Geübte kann dem widerstehen, sensibelen Menschen wird schwindelig in hohem Grade.

4) Scheinbewegungen der Gegenstände während schneller und zugleich ungewohnter Bewegungen unseres eigenen Körpers. Wenden wir den Blick plötzlich von einem Objekt zu einem andern, so erscheinen uns ruhende Gegenstände bewegt (421); diese Täuschung, welche geradezu unvermeidlich ist, wenn wir den Kopf bewegen, stört uns aber nicht, im Gegentheil sie fördert unser Urtheil über die Grösse u. s. w. der gemachten Bewegung. Wird aber unser Körper aktiv oder passiv schnell und anhaltend bewegt, so summiren sich die beständigen Scheinbewegungen zu einer störenden Gesammtanschauung, welche in uns bald das Gefühl des Schwindels erregt. Diese Scheinbewegungen der Objekte dauern selbst dann noch fort, wenn wir wieder ruhig stehen.

467. Die Richtungen der Scheinbewegungen beim Schwindel.

Das Muskelgefühl des Schwindels entsteht, wenn auch nicht so schnell und nicht so intensiv, auch dann, wenn der Körper bei geschlossenen Augen gedreht wird. Oeffnet man in diesem Zustand, nachdem der Körper zur Ruhe gekommen, die Augen, so stellen sich ebenfalls die Scheinbewegungen ein. Die im vorigen Paragraphen unter 4 betrachtete Form des Schwindels ist somit

strenge genommen keine secundäre, d. h. die Scheinbewegung der Gegenstände ist nicht die Ursache, sondern die Folge von durch die Drehung gesetzten Körperzuständen.

Die Versuche Purkinje's haben die Abhängigkeit der Scheinbewegungen von den Drehungen des Körpers näher festgestellt. Geschieht die Kreisbewegung des Körpers um seine Längsaxe bei irgend welcher Haltung des Kopfes (nach aufwärts, oder gerade nach vorn u. s. w.), immer drehen sich, wenn der Körper wieder stille steht, die Objekte scheinbar in horizontalen Kreisen, jedoch in einer, der vorhergegangenen Körperdrehung entgegengesetzten Richtung. Verändert man aber die Haltung des Kopfes, so ändert sich auch die Richtung der Scheinbewegung, wie einige Beispiele der nachfolgenden Tabelle erläutern.

Richtung des Kopfes		Richtung der Scheinbewegung.
während der Drehung des Körpers.	beim Stillstehen des Körpers.	
I. Nach Aufwärts.	Gewöhnliche senkrechte Lage.	Die Objekte laufen nach dem Umkreis eines stehenden Rades, dessen Axe in der Mitte des Sehfeldes liegt.
II. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach rechts erfolgt.	dto.	Die Objekte laufen von unten nach oben.
III. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach links erfolgt.	dto.	Die Objekte laufen von oben nach abwärts.
IV. Schief nach oben.	dto.	Schiefe Bahnen.

Daraus leitet Purkinje folgende Regel ab: die Scheinbewegungen geschehen, wenn der Kopf nachträglich eine andere Stellung erhält, immer um die durch den Kopf gelegte Axe, um welche die Drehbewegung erfolgte, jedoch in entgegengesetzter Richtung zur Drehbewegung.

Der Tastsinn bedingt unter diesen Verhältnissen entsprechende Täuschungen; z. B. in dem Zustand I der obigen Tabelle hat man das Gefühl, wenn man sich auf eine Unterlage stützt, dass diese umstürze und zwar nach der Seite hin, nach welcher die Körperdrehung geschah.

Das Hauptinteresse dieser Scheinbewegungen liegt darin, dass sie auch in einer Reihe von Hirnaffectionen spontan und ohne vorhergegangene Körperdrehungen auftreten. Auf die Frage aber, in welchen Zuständen befindet sich das Gehirn bei dem durch die Körperdrehungen experimentell hervorgerufenen Schwindel, kann die Physiologie vorerst keine Antwort geben.

468. Hungergefühl.

In seinen geringeren Graden, als Esslust, ist das Gefühl angenehm: leichte, weder näher beschreibbare noch genauer zu lokalisirende Empfindungen im Epigastrium, wozu sich noch solche in den Kaumuskeln hinzugesellen, sowie stärkere Absonderung des Speichels. Das förmliche Hungergefühl, eine von gierigem Verlangen nach Speise begleitete Steigerung des vorigen, wird in seinen höheren Graden wirklich schmerzhaft; es stellen sich drückende, bohrende, nagende u. s. w. und zunehmend deutlicher lokalisirte Schmerzen in der Magengegend ein. Bei anhaltendem Hungern steigern sich die Schmerzen in's Unerträgliche, um jedoch später übertäubt zu werden von den Empfindungen, welche die vom Hunger verursachten pathologischen Zustände des in hohem Grade geschwächten Gesammtorganismus hervorrufen.

Der Sitz des Hungergefühles, sowie der Empfindung der Sättigung ist im Magen zu suchen und zunächst von bestimmten, näher freilich unbekannten, Erregungen der Magennerven abzuleiten. Der Magen des mässig Hungernden ist leer; seine blasse, blutarme Schleimhaut sondert ihren Verdauungssaft nicht ab; die Muskelschicht ist wegen des mangelnden Mageninhaltes kollabirt und möglichst abgespannt, durchaus aber nicht im Zustand activer Contraction. Erst später beginnt die Peristaltik; dieselbe braucht nur sehr schwach zu sein, um gleichwohl — bei den gar nicht in Anspruch genommenen elastischen Kräften der Magenmuskulatur — bestimmte und eigenthümliche Gefühle zu veranlassen, die sich steigern müssen mit zunehmender Lebhaftigkeit der Bewegung. Am Magen und Darm nüchterner Thiere wurde in der That eine stärkere Peristaltik beobachtet; auch scheint die Geneigtheit der Verdauungsmuskulatur zu reflectorischen Bewegungen grösser zu sein. Die im nüchternen Zustand nach Bidder und Schmidt im Magen in kleinen Mengen nicht selten vorhandene Galle dürfte auch einen Reiz zur Peristaltik abgeben.

Nach Einbringen von Speisen in den Magen ist die Esslust sogleich gestillt und es tritt das Gefühl der Sättigung ein; nur nach langem Hungern soll das Hungergefühl auch nach Einverleibung von Nahrung noch einige Zeit fortbestehen (?). Der verdauende Magen ist sehr blutreich, er secernirt grosse Mengen Magensaft; durch die Speisen ist die Muskelschicht gedehnt, d. h. ihre elastischen Kräfte sind in Anspruch genommen. Dass Contractionen der Muskeln in diesem Zustand andere Gemeingefühle bedingen als im nüchternen Magen, liegt nahe anzunehmen. Ein grosser Theil der genannten Sensationen dürften Muskelgefühle sein; ob auch die sensibelen Nerven der Magenschleimhaut mitbetheiligt sind, ist nicht zu entscheiden. Viele sehen die letzteren als die alleinigen Ursachen des Hungergefühls an. In gewissen Krankheiten des Magens, so namentlich beim Catarrh der Schleimhaut, ist die Esslust, offenbar aus örtlichen Ursachen, bedeutend gemindert.

Das Hungergefühl kommt jedoch, auch bei entsprechenden localen Zuständen im Magen, nicht zu Stande, wenn nicht der Gesammtorganismus, namentlich

die Nervencentren, gewisse, im Speciellen freilich ebenso unbekannte Bedingungen bieten. Das Gefühl fehlt desshalb mehr oder weniger in vielen, namentlich fieberhaften Krankheiten, nach dem Einnehmen mancher Genussmittel, Medicamente (Opium, Tabak u. s. w.).

In der Regel dienen diese Gefühle, im gesunden wie im kranken Zustande, als Wächter unserer Leiblichkeit; sie zeigen uns die wahren Bedürfnisse des Wiederersatzes an, sodass der geringe Grad des Appetites des Kranken in einem gewissen richtigen Verhältniss steht mit dessen Verdauungskräften und sonstigen Körperzuständen. Einzelne Ausnahmen streiten freilich gegen eine solche teleologische Auffassung, an deren Stelle jedoch vorerst noch keine genügende physiologische Analyse dieser verwickelten Verhältnisse gesetzt werden kann.

Die specifischen Hungernerven sind noch nicht mit Sicherheit bekannt; wenn einzelne Thiere nach Durchschneidung der Vagi noch begierig fressen, so beweist das übrigens nichts gegen eine Betheiligung dieser Nerven an dem fraglichen Gemeingefühl.

Ob der Hunger durch Injection nährender Substanzen in den Mastdarm, oder durch Infusion von Blut in die Adern wirksam gestillt werden kann, scheint noch nicht genügend festgestellt zu sein.

469. Durstgefühl.

Der Sitz dieser Empfindung, welche in uns das Verlangen nach Getränken (in der Regel von niederen Temperaturen) erweckt, ist der Schlund und die Mundhöhle (vorzugsweis Gaumen- und Zungenwurzel). Die Empfindung ist besonders lebhaft bei der gegenseitigen Berührung der Organe; sie wird etwa mit den Tastwahrnehmungen des Klebrigen oder Sandigen, Rauhen u. dgl. verglichen. Das Gefühl ist auch in seinen ganz mässigen Graden kein positiv angenehmes, im Gegensatz zur Esslust; wogegen die Stillung des Durstes unseren Empfindungszustand unmittelbar mehr befriedigt als die Stillung des Hungers. Nach längerem Dursten entstehen heftige, beissende, brennende u. s. w. Schmerzen nebst tief eingreifenden Veränderungen des Gesammtorganismus, wobei, wie beim Hungern, der Trieb so mächtig wird, dass selbst die ekelhaftesten Dinge nicht verschmäht werden.

Die nächste Ursache des Durstgefühles ist eine gewisse Trockenheit der Mund- und Schlundschleimhaut. Der verminderte Wassergehalt bringt die sensibelen Nerven dieser Theile (Vagus, Trigeminus und (?) Glossopharyngeus) in einen eigenthümlichen Erregungszustand, welcher die fragliche Empfindung veranlasst. Die entfernten Ursachen des Durstes sind vorzugsweis: 1) starke Wasserverluste des Körpers; namentlich reichliches Schwitzen. Der Wasserverlust wirkt sowohl direkt: die Mundschleimhaut wird, wie die übrigen Körpertheile, wasserärmer; ganz vorzugsweise aber indirekt: die Speichelsekretion nimmt bedeutend ab (Thiere mit unterbundenen Ausführungsgängen der Speicheldrüsen trinken, nach Bidder, mehr als gewöhnlich). 2) Direkte Austrocknung der Mundhöhle durch die Athemluft. Am schnellsten wird der Zustand gesetzt beim Einathmen durch den Mund und Ausathmen durch die Nase. 3) Genuss stark salziger Nahrungsmittel. Die im Nahrungsschlauch befindlichen Salze entziehen dem Blute rasch Wasser; doch ist nicht zu übersehen a) die gleichzeitige direkte Wirkung des Salzes auf die Mund-

schleimhaut (ein Salzklystier erregt weniger Durst) und b) der etwas erhöhte Salzgehalt des Blutes, resp. der Organe, d. h. eine gewisse Disproportionalität zwischen dem Wasser- und Salzgehalt derselben.

Der Durst darf, so wenig als das Hungergefühl, auf rein lokale Zustände der Mundhöhle ausschliesslich zurückgeführt werden; denn 1) niedere Grade des Durstgefühles können zwar beschwichtigt, höhere aber nur einigermaassen gemindert werden durch gehörige Befeuchtung der Mundhöhle. 2) Namentlich in gewissen pathologischen Zuständen ist trotz vollständiger Durchfeuchtung der Mundhöhle starker Durst möglich, während er umgekehrt fehlen kann bei auffallender Trockenheit der Mundschleimhaut. Der Zustand der Nervencentren muss somit auch hier wieder von bestimmendem Einfluss sein.

470. Ekel.

Dieses, früher fälschlicherweise für eine eigenthümliche Modification der Geschmacksempfindung gehaltene Gefühl ist nach E. H. Weber ein Muskelgemeingefühl, nämlich die Folge der Perception anomaler und unordentlicher Contractionszustände der Muskulatur hauptsächlich des Pharynx und des Gaumens. Die höheren Grade des Ekels sind Vorläufer und Begleiter des Brechaktes; am heftigsten ist der Ekel, wenn man gebrochen hat und weitere Brechbewegungen nichts mehr aus dem leeren Magen herausfördern können. Diese anomalen Bewegungen der Pharynx- und Gaumenmuskulatur sind:

1) Reflexbewegungen (Stich). Die Veranlassungen sind a) am häufigsten widerliche Gerüche; hierauf folgen b) unangenehme Geschmäcke. In beiden Fällen müssen aber jene specifischen objektiven Sinnesempfindungen getrennt werden von dem begleitenden Gemeingefühl, welches freilich in unserem Empfindungszustand bei Weitem vorschlägt. c) Gewisse ungewohnte mechanische Reize des Hintermundes, z. B. Kitzeln u. s. w. des Gaumensegels, der Zungenwurzel. — Die Geneigtheit zum reflectorischen Ekel kann durch Gewöhnung an jene Gerüche, Geschmäcke u. s. w. bedeutend gemindert, ja ganz beseitigt werden.

2) Oder sie rühren her von psychischen Ursachen; gewissen Gemüthsaffekten z. B. Hieher scheinen auch heftige Erregungen anderweitiger Sinne z. B. des Gesichts, zu gehören.

3) Viele Krankheiten, namentlich der Verdauungsorgane und des Gehirns verursachen Ekel. Die Vermuthung liegt übrigens nahe, dass auch in den Categorien 2. und 3. zuerst anomale Zustände der Schleimhaut des Nahrungsschlauches und seiner Annexa auftreten, welche reflectorisch (ausser der Magen- nnd Darmmuskulatur) die Muskeln des Hintermundes in tumultuarische Erregung versetzen.

471. Respiratorische Gemeingefühle.

Die mit dem Athmen in gesunden und kranken Zuständen verbundenen Gemeingefühle sind noch sehr wenig untersucht. Die Athembewegungen entsprechen nach Zahl und Tiefe dem jeweiligen Bedürfniss auf das Genaueste und es ist bemerkenswerth, dass dieselben dann keinerlei Muskelgefühle in uns erregen. Dieses ist selbst dann der Fall, wenn die Athembewegungen beschleunigt

werden, z. B. beim schnellen Gehen; mit einem Worte: die specifischen Gefühle der Ermüdung treten in dieser Muskulatur nie ein, wenn die Bewegungen dem gerade vorhandenen Respirationsbedarf genügen. Beschleunigen wir aber willkürlich, d. h. über das Bedürfniss, die Athemzüge, so spüren wir bald sehr deutliche Sensationen der Muskelanstrengung.

Wichtiger sind die durch den respiratorischen Gaswechsel in den Lungen bedingten Gemeingefühle. Bei der gewöhnlichen Athmung fehlen solche durchaus; richten wir aber unsere Aufmerksamkeit auf das Athmen, so ist jede Einathmung verbunden mit einer nicht näher beschreibbaren, aber im Gegensatz zu dem vorhergegangenen Empfindungszustand relativ angenehmen Sensation. Diese hängt ab von der Steigerung des Gaswechsels während des Aktes der Inspiration, denn 1) sie ist deutlicher und unserem Gemeingefühlzustand fördernder, wenn wir die Athmung eine kurze Weile angehalten haben und 2) sie fehlt vollständig, wenn wir über Bedürfniss schnell athmen.

472. Athemnoth.

Hält man den Athem möglichst lange an, so entsteht ein zunehmend peinigerendes, über den ganzen Thoraxraum verbreitetes Gefühl: Athemnoth (Erstickungsgefühl). Verursacht ist dasselbe durch die zunehmende Hemmung des respiratorischen Gaswechsels, also die bedeutende Minderung der Kohlensäureabgabe, namentlich aber den Mangel an disponibelem Sauerstoff. Die sensibelen Lungennerven (offenbar die Vaguszweige der Lunge) kommen nunmehr in anomale Erregungen, die, den Nervencentren mitgetheilt, diese eigenthümlichen Empfindungen setzen. Dieser Zustand fordert gebieterisch die Inspiration.

Alles, was den respiratorischen Gaswechsel unzureichend macht, setzt Athemnoth. Die veranlassenden Ursachen zerfallen in folgende Categorieen: 1) Verschlechterung der Luft. 2) Beeinträchtigte Ventilation der Lungenluft (z. B. ein Band um den Thorax; Unausdehnsamkeit der Bronchien in Folge von Krampf der Bronchialmuskeln u. s. w.). 3) Minderung der athmenden Fläche (in einer Menge von Lungen-, Pleura- und Herzkrankheiten). 4) Unzureichende Funktion des Blutes als Gasträger. Hieher gehört namentlich die Armuth an Blutkörperchen; daher z. B. die Athemnoth mancher Bleichsüchtigen schon bei geringen Bewegungen. Aber auch bei extremen Körperanstrengungen stellt sich beim normalen Menschen Athembeengung ein, da der respiratorische Gaswechsel dem stark gesteigerten Stoffumsatz in den Muskeln jetzt nicht mehr genügt. 5) Primäre Abnormitäten im respiratorischen Nervensystem (Nervi vagi? Centren des respiratorischen Gemeingefühles im Gehirn); der Gaswechsel selbst ist in diesen pathologischen Zuständen unversehrt.

Das verlängerte Mark, als Centrum der Athembewegungen, empfängt beständige Erregungen von allen Körpertheilen, namentlich denjenigen, welche, wie die Muskeln, besonders thätige Oxydationsheerde sind. Diese Erregungen des verlängerten Markes schlagen dann schliesslich in eine reflectorische Reizung der Nerven der

Inspirationsmuskeln um (236). Daher dauern auch nach Durchschneidung der Nervi vagi die Athembewegungen noch fort. Die Lungen, resp. die Vaguszweige des Respirationsapparates, dürften aber unter jenen Incitamenten des verlängerten Markes eine Hauptrolle spielen; daher die bedeutende Störung in der Rhythmik der Athembewegungen nach Durchschneidung der Vagi (235). Die Thiere athmen nach dieser Operation sehr mühsam; ob sie aber die Gefühle der Athemnoth haben, ist sehr fraglich. Dieser Versuch widerlegt somit keineswegs die Annahme, dass die Vagi die Gemeingefühlsnerven der Respiration seien.

XXIV. Stimme.

A. Physikalische Einleitung.

473. Musikalische Apparate überhaupt.

Die laute Stimme besteht in Tönen von musikalischem Werth. Man ist desshalb von jeher bemüht gewesen, Analogieen aufzustellen zwischen dem als Stimmorgan dienenden Kehlkopf und gewissen musikalischen Instrumenten. Viele Erscheinungen an den letzteren sind, eben weil sie die mannigfaltigsten willkürlichen Veränderungen ihrer akustischen Grundbedingungen zulassen, genügend erklärt. Diese Apparate bieten desshalb die passendsten Grundlagen zur Theorie der Stimmbildung selbst, sodass wir in den nächsten Paragraphen auf dieselben kurz eingehen müssen, indem der Anfänger nicht einfach auf die betreffenden Lehrsätze der Physik verwiesen werden kann.

Auch hier wiederholt sich eine Erscheinung, die uns ganz ausnahmslos entgegentritt, wenn wir Leistungen des Organismus mit analogen Leistungen mechanischer und physikalischer Apparate vergleichen, eine grosse Ueberlegenheit nämlich des menschlichen Stimmorganes, des anerkannt ersten musikalischen Werkzeuges, gegenüber den Instrumenten der Tonkunst. Ein höchst kompendiöses, auf den ersten Blick sogar ungemein einfaches, Organ ist ausgestattet mit den mannigfaltigsten Mitteln zur Veränderung der Höhe, Qualität, Stärke u. s. w. der Töne und mit so zahlreichen und zuverlässigen Compensationseinrichtungen, wie es der starre Mechanismus der musikalischen Instrumente nicht entfernt gestattet. Und gleichwohl ist die Produktion der Stimme nur eine Funktion der betreffenden Organe, welche namentlich beim Sprechen, dem Athemprocess, theilweise sogar bei der Nahrungsaufnahme eine wichtige Rolle spielen.

Die Tonapparate zerfallen in Saiteninstrumente (474) und Blasinstrumente (475 bis 481).

474. Saiteninstrumente.

Das primär Tönende sind hier Schwingungen gespannter Saiten. Die Saiten geben an und für sich nur schwache Töne; werden sie aber auf Resonanzapparate befestigt, so gerathen die letzteren in isochrone Schwingungen, wodurch

der Ton bedeutend verstärkt wird. Als Resonatoren werden benützt, und zwar meistens gleichzeitig: 1) Feste Körper von passendem Material und passender Form. Selbstverständlich ist eine gewisse Elasticität derselben nothwendig; weichere Körper von geringen Spannungsgraden sind schlechte oder keine Resonatoren. 2) Eingeschlossene Luftmassen. Dieselben verstärken, indem sie in stehende Schwingungen gerathen, den Ton. Die wichtigsten Aenderungsmittel der Tonhöhen von Saiteninstrumenten sind:

1) Saitenlänge. Eine in ihrer ganzen Länge schwingende Saite giebt ihren tiefsten Ton (Grundton). Wird die Saite durch eine Unterlage halbirt in zwei, für sich schwingende Systeme, so erhält man die Oktave des Grundtons u. s. w. Demgemäss benützt die Musik zur Produktion der verschiedenen Tonhöhen entweder verschieden lange Saiten (Klavier z. B.) oder sie verändert die Saitenlänge durch Andrücken der Saiten auf eine Unterlage (Violine z. B.).

2) Spannung der Saite. Je mehr eine Saite gespannt wird, desto stärker ist ihre bewegende Kraft, desto schneller sind ihre Schwingungen, wenn sie aus ihrer Gleichgewichtslage gebracht wird. Desshalb wachsen die Tonhöhen mit zunehmenden Spannungen der Saiten. Um bei einer, durch ein Gewicht gespannten Saite den Ton um 1 Oktave, also die Schwingungszahlen um das Doppelte zu erhöhen, muss die Spannung, d. h. das angehängte Gewicht, 4mal stärker sein. Die Schwingungszahlen sind daher proportional den Quadratwurzeln der Spannungen.

3) Dicke der Saiten. Die Schwingungszahlen der Saiten verhalten sich, alles Uebrige gleichgesetzt, umgekehrt wie deren Durchmesser. Dickere Saiten geben also tiefere Töne.

475. Blasinstrumente.

Hier ist das wesentlich Tönende die Luft selbst. Die Schwingungen derselben werden erzeugt und unterhalten von Luftstössen (Exspirationsluft oder Gebläse), welche von einem »Mundstück« aus eine von einer Röhre (Ansatzrohr) eingeschlossene Luftsäule in Vibrationen versetzen. Die Wände des »Ansatzrohres« schwingen zwar mit, doch sind diese Schwingungen nur von Einfluss auf die Qualität der Töne. Zu dieser Classe gehören zunächst die Flötenwerke, und, wenigstens den Grundbedingungen nach, die hornartigen Instrumente (Trompete, Waldhorn u. s. w.). Der allereinfachste Typus derselben besteht in einer kleinen Vertiefung (Schlüsselloch), über deren Oeffnung man mit dem Mund (Mundstück) wegbläst.

Der Stoss vom Mundstück aus bewirkt ein momentanes Zurückdrängen der Lufttheilchen am Anfang des Ansatzrohres und vermöge der Elasticität der Theilchen, ein ebenso schnelles Wiederkehren derselben an den früheren Ort. Einen solchen Hin- und Hergang nennt man eine ganze Schwingung. Die Luft erleidet also am Anfang der Ansatzröhre schnell abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, welche, nach dem Typus der Wellenbewegung, gegen das Ende des Rohres fortschreiten. Diese Bewegungen werden aber reflectirt, und zwar am

Ende des Rohres, wenn dasselbe geschlossen ist; oder erst in der Luft, wenn das Rohr offen ist. Die reflectirten Wellen kreuzen sich mit den durch das Anblasen veranlassten directen, vom Mundstück gegen das Röhrenende fortschreitenden, Wellen. Diese Interferenzwirkungen verursachen stehende (339) Wellen von gehöriger Intensität, d. h. hinreichender Excursionsweite der vibrirenden Lufttheilchen, um von uns als Töne wahrgenommen werden zu können.

Die Schwingungen werden, dem Gesagten zufolge, bei den Flötenwerken erzeugt durch den Luftstrom des Mundstücks, der sich am Rand der Ansatzröhre bricht; demnach geht hier kein Luftstrom durch die Ansatzröhre, sondern es kommt bloss die in letzterer eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen.

476. Aenderungsmittel der Töne in Blasinstrumenten.

Von hauptsächlichstem Einfluss auf die Tonhöhen sind die Dimensionen des Ansatzrohres (der Querschnitt, namentlich aber die Länge der Luftsäule) und die Windstärke (also auch die Spannungen der vibrirenden Lufttheilchen).

I. Röhrenlänge. Hält man einen tönenden Körper, z. B. eine Stimmgabel, vor das eine Ende einer Röhre, so wird der Ton verstärkt, indem die Luft der Röhre in stehende Schwingungen geräth. Dieses »Mittönen« geschieht aber immer nur dann, wenn die Länge der Luftsäule in bestimmten Verhältnissen steht zur Wellenlänge des einfallenden Tones, was die Akustik aus der Interferenz der direkten und der reflektirten Luftwellen erklärt. Soll ein Luftstoss die von einer Röhre eingeschlossene Luftsäule in stehende Schwingungen, also zum »Selbsttönen« bringen, so muss die Röhre wiederum gewisse Dimensionen haben.

Die Röhren selbst können offen oder an dem einen Ende gedeckt sein.

Verschieden lange gedeckte Röhren geben einen und denselben Ton, wenn ihre Länge $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones beträgt. Bei verschieden langen offenen Röhren dagegen, welche einen und denselben Ton geben, betragen die Röhrenlängen stets $^2/_4$, $^4/_4$, $^6/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones (343).

II. Stärke des Anblasens. Je kräftiger das Anblasen, desto stärker die Spannung der tönenden Luftsäule, desto schneller deren Schwingungen, desto kürzer die Wellenlängen, desto höher die Töne. Desshalb kann dieselbe Pfeife mehrere Töne geben. Durch successiv verstärktes Blasen erhält man Töne, deren Schwingungszahlen sich bei gedeckten Röhren verhalten wie 1, 3, 5 u. s. w.; bei offenen dagegen wie 2, 4, 6 u. s. w. Die nothwendigen Stärken des Anblasens verhalten sich dann wie 1, 4, 9, 16 u. s. w. d. h. wie die Quadrate von 1, 2, 3, 4 u. s. w.

477. Zungenwerke überhaupt.

Die Zungenwerke stellen eine Abart der Blasinstrumente dar, insofern ausser der Luft ein elastischer Körper, die »Zunge«, in regelmässige, für die Tonbildung wesentliche, Vibrationen geräth.

Die Haupttheile eines Zungenwerkes sind: 1) Windrohr, durch welches, wie beim Mundstück der Blasinstrumente, der Luftstrom zugeführt wird. 2) Zunge, ein schwingungsfähiger Körper, verschieden an Form, Grösse und Material und so gestellt, dass er durch den Luftstrom in Schwingungen gerathen kann. Für uns ist zunächst wichtig die Unterscheidung der Zungen in starre (z. B. aus Metall) und membranöse. 3) Ansatzrohr (Corpus), eine irgendwie gestaltete Röhre über der Zunge, deren eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen versetzt wird.

Der einfachste Apparat der Art ist ein rechteckiges Metallplättchen, das mit einer Seite in einen Rahmen eingefügt ist. Der Luftstoss wird bewerkstelligt durch den, als Windrohr dienenden, Mund; ein Ansatzrohr ist nicht vorhanden. Eine Anzahl solcher Plättchen setzen die Mundharmonika zusammen. Clarinette, Oboe, Fagott dagegen bestehen aus einer, in ein Windrohr (Mundstück) eingesetzten metallenen Zunge und einem längern Ansatzrohr, das seitlich mit Löchern versehen ist.

478. Tonentstehung in Zungenwerken.

Zur Erklärung der Tonbildung in diesen Instrumenten müssen die Leistungen der vibrirenden Zungen vorausgeschickt werden. Die Zunge ist so gestellt, dass sie in ihrer Gleichgewichtslage der Luft des Windrohrs nur eine kleine oder gar keine Durchgangsöffnung gestattet. Desshalb muss der Luftstrom anstossen an die Zunge. Diese aber ist nachgiebig befestigt und weicht aus in der Richtung des Ansatzrohres. Das Ausweichen geschieht mit anfangs grosser, später immer mehr abnehmender Geschwindigkeit; letzteres aus 2 Gründen, indem 1) die Elasticität der Zunge immer mehr in Anspruch genommen und 2) die Durchgangsöffnung neben der Zunge immer grösser, das Hinderniss für das Austreten der Luft zunehmend kleiner und demgemäss auch der zur Bewegung der Zunge verwendete Antheil des Luftstromes immer geringer wird. Die Zunge geht desshalb wieder zurück; wir wollen der Einfachheit wegen annehmen, bloss bis zu ihrer früheren Gleichgewichtslage und nicht über dieselbe hinaus, indem ja im Verlauf der Rückschwingung die Spalte zunehmend enger, also auch der Einfluss des der Rückschwingung entgegenwirkenden Luftstroms des Windrohres immer mehr gesteigert wird.

Die Luft tritt demnach aus dem Windrohr, wenn die Zunge erhoben ist und wird dagegen am Austritt gehemmt, wenn die Zunge ihre Gleichgewichtslage eingenommen hat. Dieses Wechselspiel erfolgt aber schnell. Die gespannte Luft des Windrohres muss also der über der Zunge befindlichen, minder gespannten, Luftsäule des Ansatzrohres periodische Stösse ertheilen, wie die Stösse der bekannten Sirene Cagniard-Latour's. Der Ton entsteht demnach im Wesentlichen in derselben Weise, wie in den übrigen Blasinstrumenten, d. h. durch Bildung stehender Schwingungen im Ansatzrohr.

Die Luft dient also im Zungenwerk nicht bloss dazu, die Zunge in Bewegung zu setzen, wie der Violinbogen die Saite; sondern sie ist das wesentlich Tönende.

Die Zunge selbst regulirt, nach der gewöhnlichen Annahme, bloss die Periodicität des Ausströmens der Luft. Anderen zufolge sind dagegen die Schwingungen der Zunge, wie bei Saiteninstrumenten, das Wesentliche; die periodischen Luftstösse aber nur Verstärkungsmittel der Töne. Auf den, unter den Physikern noch nicht geschlichteten, Streit über die Theorie der Zungenwerke kann jedoch hier nicht eingegangen werden.

479. Tonveränderungsmittel in Zungenwerken mit starren Zungen.

Fehlt das Ansatzrohr über der Zunge, so hängt die Tonhöhe ab: 1) von der Elasticitätsgrösse und 2) der Länge der Zunge. Jede Zunge giebt nämlich einen bestimmten Eigenton, der, wie bei elastischen Stäben überhaupt, mit zunehmender Verkürzung der Zunge immer höher wird.

Die Schwingungszahlen verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Zungenlängen. Wird also die Zunge um die Hälfte verkürzt, so schwingt sie 4mal schneller; ihr Ton steigt somit um 2 Octaven.

Setzt man aber ein Corpus an, so wird der ursprüngliche Ton der Zunge verändert, gemäss dem allgemeinen akustischen Gesetz, dass mehrere Körper, von denen jeder für sich einen besonderen Eigenton gibt, wenn sie zu Einem System vereint werden, ihre Schwingungen so modificiren, dass nur ein einziger Ton entsteht. Die Zunge und die Luftsäule des Corpus influiren sich desshalb gegenseitig (W. Weber). Hat das Corpus nur eine mässige Länge, so wird der Ton nicht merklich verändert; mit allmäliger Verlängerung aber des Corpus vertieft sich der Ton und zwar anfangs langsamer, später schneller. Endlich kommt ein Punkt, wo der Ton auf die nächstniedere Oktave gesunken ist; jetzt ist das Corpus so lang, dass seine Luftsäule denselben Ton giebt als der Apparat ohne Corpus. Wird das Corpus noch mehr verlängert, so entsteht wiederum der ursprüngliche Ton (ohne Corpus); weitere Verlängerungen vertiefen den Ton ebenfalls, aber nur um eine Quart u. s. w.

Die Stärke des Anblasens ist zunächst von Einfluss auf die Stärke des Tones; unter Umständen, die in allgemeiner Kürze nicht erörtert werden können, auch auf dessen Höhe.

480. Einfache Zungenwerke mit membranösen Zungen.

Die, physiologisch besonders wichtigen, membranösen Zungen, deren Gesetze J. Müller untersuchte, sind natürlich erst schwingungsfähig, wenn sie gespannt werden. Ein einfacher Apparat besteht in einem Rohr (Fig. 115), dessen eines Ende mit einer Membran verdeckt ist, die in der Mitte eine feine Spalte hat.


Fig. 115.

Töne gelingen im Allgemeinen leichter bei engerer Spalte; doch ist die Weite der letzteren ohne Einfluss auf die Tonhöhe. Während die starren Zungen hinsichtlich ihrer Tonveränderungsmittel sich verhalten wie elastische Stäbe, gehorchen die membranösen Zungen im Allgemeinen denselben Gesetzen wie gespannte Saiten (474). Länge, Spannung und Dicke der Zungen sind demnach zunächst von Einfluss auf die Tonhöhe. Berührt man

die Zunge an einer Stelle mit einem festen Körper, so entsteht ein Schwingungsknoten (wie bei einer, durch eine Unterlage getheilten Saite) und der Ton wird bedeutend erhöht. Stärkeres Blasen bewirkt gleichfalls einiges Steigen des Tones.

Auch die ungleiche Spannung der die Spalte begrenzenden Membranen, ein Verhältniss, das möglicherweis in beiden Stimmbändern sich wiederholen kann, ist von Einfluss auf den Ton. Entweder schwingt nur eine Membran: diejenige nämlich, welche (bei der gegebenen Stärke des Luftstroms) die schwingungsfähigere ist, oder es schwingen beide. In letzterem Fall entstehen entweder zwei verschiedene Töne, oder es tritt, in Folge einer Accommodation, nur ein Ton auf.

481. Zusammengesetzte Zungenwerke mit membranösen Zungen.

Der Ansatz eines Corpus verwickelt auch hier wiederum die Bedingungen der Tonentstehung. Verlängert man das Corpus allmälig, so wird der Ton tiefer und zwar fällt er nach und nach durch alle halben Töne, jedoch nicht bis auf die nächstniedere Oktave. Bei einer bestimmten Verlängerung (wenn nämlich der Grundton des Corpus dem Grundton des Zungenwerkes ohne Corpus sich nähert) springt der Ton wieder zurück zum Grundton der »Zunge«. Nach weiterer Verlängerung des Corpus sinkt der Ton wieder u. s. w. (J. Müller). Die Erscheinungen weichen also nicht wesentlich ab von den analogen der Zungenwerke mit starren Zungen. Auf die Ausnahmen von obiger Regel kann nicht eingegangen werden. Die Verlängerung des Windrohres hat ähnliche Wirkungen auf die Tonhöhe, wie die zunehmende Corpuslänge. Rinne fügt hinzu, dass der Einfluss der Corpus- und Windrohrlänge unter zwei Verhältnissen besonders deutlich werde: 1) bei Ungleichheit der Spannung beider Membranen und 2) bei Verhinderung der Schwingungen der Aussenränder der Membranen, d. h. je schmaler die, die Spalte begrenzenden, schwingenden Innenränder beider Zungen werden.

Bringt man an der Endöffnung des Corpus einen zunehmend grösseren Verschluss an, so sinkt der Ton und zwar selbst bis zur Quinte.

Verstärkung des Anblasens erhöht den Ton und zwar sehr viel mehr als bei einfachen Zungenwerken ohne Corpus.

Die zusammengesetzten Zungenwerke mit membranösen Zungen weichen nicht bloss von den zusammengesetzten Zungenwerken mit starren Zungen bezüglich der Normen der Tongebung in manchen Punkten wesentlich ab, sondern auch vom Kehlkopf (s. weiter unten).

B. Physiologischer Theil.

482. Versuchsmethode am todten Stimmorgan.

Schon durch Ferrein (1741), ganz vorzugsweise aber von Joh. Müller, welchem Harles und Rinne nachfolgten, wurden die Leistungen der Einzel-

bestandtheile des Stimmapparates unmittelbar am auspräparirten Kehlkopf erforscht. Der Luftstrom wird bewerkstelligt durch einen Blasbalg oder die Ausathmungsluft des Experimentators selbst, und mittelst eines, in die Luftröhre eingebundenen Rohres *r* (Fig. 116) dem Kehlkopf zugeleitet. Zur Regulirung und Bestimmung der Stärke des Anblasens ist in das Rohr *r* ein Manometer *m* eingesetzt. Um den Kehlkopf gegen zu starkes Austrocknen zu schützen, leitet Harles den Luftstrom des Blasbalges vorher durch warmes Wasser. Zur Herstellung der, für die Stimmbildung nothwendigen Verengerung der Stimmritze sticht man, nach Müller, am Besten eine Nadel durch die Basis beider Giesskannenknorpel und presst die letzteren an einander mittelst der umschlungenen Nath. Die Hinterwand des Kehlkopfes wird an einem senkrechten Stab befestigt. Zur Spannung der Stimmbänder dient ein gespannter Faden, welcher den Schildknorpel nach vorwärts und abwärts zieht. Der Faden wird am Winkel des Schildknorpels befestigt, über eine Rolle geschlagen und mit einer Wagschale *(w)* versehen.

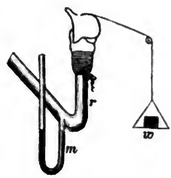


Fig. 116.

Unter Umständen lässt man den Kehlkopf in der normalen Verbindung mit den über ihm liegenden Theilen. Man regulirt dabei den Luftstrom in der oben angegebenen Weise und sorgt durch Mechanismen, die hier nicht erwähnt werden können, für die gehörige Enge der Stimmritze und die erforderliche Spannung der Stimmbänder.

Diese Vorrichtungen, oder selbst ganz einfache schematische Apparate, in welchen die Stimmbänder durch gespannte Kautschukplatten ersetzt sind, dienen zur Demonstration wenigstens einiger Grunderscheinungen der Stimmbildung. Die Töne des todten Kehlkopfs haben denselben, ja sogar einen grösseren Umfang als diejenigen des lebenden von etwa gleichen Dimensionen; der Klang der Töne ist aber, wie schon die unvermeidliche Veränderung der Elasticität der Theile erwarten lässt, ein anderer, sowie auch Töne producirbar sind unter Nebenbedingungen, wie sie im Organismus entschieden niemals vorhanden sein können. Namentlich aber ist die Mechanik der Bänderspannung im lebenden Kehlkopf eine ganz andere.

483. Beobachtungen am lebenden Kehlkopf.

Vivisectionen, Blosslegung der Stimmbänder, Durchschneidungen oder Reizungen der Kehlkopfnerven u. s. w. haben schon längst werthvolle Aufschlüsse verschafft über gewisse Fragen der Physiologie der Stimme; dessgleichen einzelne Fälle penetrirender Halsschnittwunden am Menschen, in welchen z. B. die Schwingungen der Stimmbänder, die Formen der Stimmritze bei der Tongebung direkt beobachtet werden konnten.

Der Gesanglehrer Garcia hat einen Kehlkopfspiegel angegeben, der von Czermak unter Anderem auch zu medicinisch-diagnostischen Untersuchungen weiter verwerthet worden ist. Das Licht der Lampe *l*, Fig. 117, oder noch besser der Sonne, fällt auf den, an einem Stativ befestigten Spiegel *s*, welcher es auf den, durch den weitgeöffneten Mund in den Pharynx gebrachten, mit einer

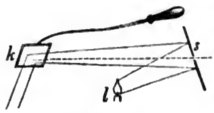


Fig. 117.

passenden Handhabe versehenen, Metallspiegel *k* reflektirt. Dieser wirft das Licht nach abwärts auf den Kehlkopf. Die vom beleuchteten Kehlkopf theilweis zurückgeworfenen Strahlen treffen wieder den Kehlkopfspiegel *k*, welcher sie gegen den Beleuchtungsspiegel *s* wirft. Dieser aber ist in der Mitte durchbohrt und der Beobachter fängt (wie beim Augenspiegel, 412,) einen Theil der Strahlen auf. Das Einführen des Spiegels in den Pharynx wird von Manchen ohne alle Beschwerden, Würgbewegungen u. dgl. ertragen. Zur Selbstbeobachtung wendet Czermak noch einen, nach allen Richtungen beweglichen Planspiegel an, der die aus dem eigenen Larynx zurückgeworfenen Strahlen in das Auge des Beobachters reflektirt.

Mittelst des Spiegels können der Zungengrund, der freie Rand und die untere Fläche des Kehldeckels, die Giesskannenknorpel, die Stimmbänder fast in ihrem ganzen Verlauf, ein Stück der Schleimhaut der Luftröhre, ja sogar die Theilungsstelle der letzteren, betrachtet werden.

Beim ruhigen wie beim angestrengten Athmen ist die Stimmritze ziemlich weit geöffnet (Garcia). Der Kehldeckel verdeckt aber den Anblick der Theile. Giebt man jedoch einigemal ä, e oder i an, so richtet sich der Kehldeckel in die Höhe und man hat dann, wenn ruhig fortgeathmet wird, nach Czermak's Zeichnung, den Anblick der Fig. 118.

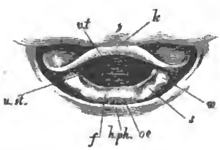


Fig. 118.

Zungenbasis (z), Kehldeckel (k), hintere Pharynxwand (h. ph.), Oesophagus (oe), unteres Stimmband (u. st.), Stelle des Santorin'schen Knorpels (s), die Schleimhautfalte (f) zwischen beiden, weit von einander abstehenden Giesskannen. Stelle des Wrisberg'schen Knorpels (w), vordere Trachealwand (v. t.).

Die Zeichnung ist nach einem einfachen Spiegelbild entworfen; die Theile rechts von der Mittellinie entsprechen also der linken Seite des Beobachteten und umgekehrt. Was im Bild oben erscheint, liegt in der Wirklichkeit nach vorn; was unten, nach hinten; alles Aenderungen, die wegen der Symmetrie der Theile ohne Bedeutung sind.

484. Grundbedingung der Stimmgebung.

Keine Klasse musikalischer Instrumente bietet, wie besonders Joh. Müller ausgeführt hat, grössere Aehnlichkeiten mit dem, in manchen Beziehungen allerdings isolirt dastehenden, menschlichen Stimmorgan als die sog. Zungenwerke. Der gesammte Stimmapparat zerfällt demnach in drei musikalische Hauptheile:

1) Windrohr: Bronchien und Luftröhre.

2) Zungen: die beiden (unteren) Stimmbänder.

3) Ansatzrohr: Dieses wird gebildet von allen Theilen oberhalb der Stimmbänder, also den oberen Theilen des Kehlkopfes (Morgagni'sche Taschen; sog. obere Stimmbänder), Schlund, Mund- und Nasenhöhle.

Die Stimmbildung beruht im Wesentlichen auf folgendem Vorgang. Die Luftröhre führt die, unter einem gewissen Druck stehende Ausathmungsluft gegen die mehr oder weniger gespannten, also schwingungsfähigen, Stimmbänder. Diese aber treten einander von beiden Seiten her entgegen und verwandeln die Stimmritze in eine feine Spalte, welche dem Luftaustritt Hindernisse entgegensetzt. Dadurch wird die zu schnelle Entleerung des Luftvorrathes verhindert und die Möglichkeit gewährt: 1) den Ton längere Zeit anzuhalten und 2) der Luft des Windrohres durch den Druck der Exspirationsmuskulatur eine bestimmte Spannung zu ertheilen.

Der Stoss der gespannten Luft drängt die Stimmbänder in die Höhe und etwas auseinander; bei ihrer Rückschwingung verengern wiederum die Bänder die Stimmritze mehr oder weniger. Desshalb entweicht die stärker gespannte Luft des Windrohrs in das Ansatzrohr in periodischen, schnellen Stössen, deren Häufigkeit abhängt von den Schwingungszahlen der Stimmbänder. Diese Stösse versetzen die minder gespannte Luft des Ansatzrohres in regelmässige (stehende, also tönende) Schwingungen.

485. Spezialleistungen des Windrohres.

Eine gewisse Stärke des Anblasens ist nothwendig, selbst bei der Produktion der schwächsten Töne. In Zuständen der grössten Kraftlosigkeit der Exspirationsmuskeln kann die Stimme verloren gehen. Cagniard-Latour untersuchte bei einem Manne, der in Folge einer Halswunde mit einer Luftröhrenfistel behaftet war, mittelst des Manometer's (160) die Spannung der Trachealluft. Sie betrug 160 Millimeter Wasserhöhe bei einem mittleren, 200 bei einem hohen Ton von gleicher Stärke; dagegen 945 M. m. bei möglichst lauter Stimmgebung. Der Druck der Ausathmungsluft kann innerhalb sehr weiter Grenzen von uns willkürlich regulirt werden.

Die Stimme hört sogleich auf, wenn eine Oeffnung angebracht wird in die Luftröhre, durch welche der Luftstrom direkt nach aussen entweicht. (Halswunden; Tracheotomie der Chirurgen.)

Die Wandungen der Luftröhre und Bronchien, ganz vorzugsweise aber die von ihnen eingeschlossenen Luftmassen dienen als Resonanzapparate; sie verstärken durch Mitschwingen die Töne. Menschen mit entwickeltem Brustkorb haben darum oft kräftige Stimmen. Setzt man in die Trachea des todten Präparates Röhren verschiedener Längen ein, so nimmt die Tonhöhe nicht wesentlich ab (J. Müller). Die Länge des Windrohrs ist also von keinem Einfluss auf die Tonhöhe, zum Unterschied von den künstlichen Zungenwerken (479).

Bei höheren Tönen steigt der Kehlkopf aufwärts, bei tieferen dagegen senkt er sich. Das Aufwärtssteigen vermehrt, das Senken dagegen vermindert die Spannung der Luftröhre. Stärker gespannte Membranen geben aber einen höheren und intensiveren, schwächer gespannte einen tieferen und dumpferen Eigenton. Die gespanntere Trachea dürfte desshalb durch ihre Mitschwingungen die höheren Töne verstärken (Rinne).

Dieses Aufwärtssteigen des Kehlkopfes ist vorzugsweis verursacht durch die Pressung der Luft gegen die Stimmbänder; je stärker die hohen Töne angegeben werden, desto mehr erhebt sich der Kehlkopf. Ob hierbei auch Muskeln mitwirken (M. hyothyreoideus oder selbst die Heber des Zungenbeines (?)), wie gewöhnlich angenommen wird, scheint fraglich zu sein. In der Ruhelage des Kehlkopfes werden die tieferen Töne hervorgebracht; ob der Kehlkopf beim Uebergang auf einen tiefen Ton durch aktive Muskelwirkung (M. sternothyreoideus, und (?) sternohyoideus) oder nur in Folge der nachlassenden Luftspannung sinkt, mag vorerst dahingestellt bleiben.

486. Stimmritzbildung beim Tongeben.

Selbst beim heftigsten und schnellsten Ausathmen entstehen keine, der Stimme irgendwie vergleichbaren Töne, sondern nur blasende oder keuchende Geräusche in Folge der Reibung der Luft im Kehlkopf und an anderen Stellen der Luftwege. Tonbildung ist immer nur möglich, wenn der Luftstrom regelmässig unterbrochen wird durch die schwingenden Stimmbänder. Diese Grundbedingung verlangt, wie gesagt, die Herstellung einer feinen Stimmritze.

Am todten Kehlkopf kann man, nach Abtragen der unteren Bänder, mittelst der oberen keine Töne erhalten (Joh. Müller). Bei höheren Tönen nähern sich, wie Garcia mit dem Kehlkopfspiegel sah, zwar auch die oberen Bänder einander, doch niemals in dem Grade, dass dadurch das zur Tonbildung erforderliche Lufthinderniss hergestellt wäre.

Für den luftdichten Stimmritzverschluss giebt übrigens Czermak ein vollständiges Annähern beider oberen Bänder an und ausserdem eine Anlagerung derselben an die unteren, also ein Verschwinden der Morgagni'schen Ventrikel.

Nach Entfernung der oberen Bänder giebt der todte Kehlkopf immer noch mit Leichtigkeit Töne, allerdings von etwas anderem Klang. Ebensowenig wird, nach Versuchen an Thieren oder zufälligen Erfahrungen an Menschen mit Halswunden, die Tonhöhe verändert nach Verstümmelung der oberen Bänder. Die unteren Bänder sind demnach unentbehrlich zur Tonerzeugung; sie allein verdienen den Namen Stimmbänder.

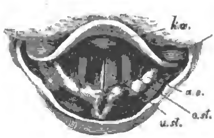


Fig. 119.

o.st. Obere, *u.st.* Untere Stimmbänder. *a. e.* Ligamentum ary-epiglotticum. *k. w.* Wulst an der Unterfläche des Kehldeckels. Die übrigen Theile sind in Fig. 118 erklärt.

Beim Angeben hoher Töne wird der hintere, von den Giesskannen eingeschlossene, Theil der Stimmritze sehr rasch und vollständig geschlossen durch Anlagerung der inneren Flächen beider Giesskannen (Fig. 124 *g*) an einander; wogegen der vordere Theil durch Näherung der Stimmbänder in eine feine Spalte sich verwandelt (Garcia). Figur 119 zeigt die Stellung der Theile, nach Czermak, bei höchsten schrillen Tönen. Die oberen Bänder werden jetzt auch sichtbar; die unteren sind stark gespannt.

Bei tieferen Tönen neigen sich die an einander gepressten Giesskannen, sammt deren Santorini'schen Knorpeln nach vorwärts unter den Rand des umgelegten Kehldeckels. Die Stimmritze ist nunmehr der Beobachtung ganz entzogen. Nach Garcia ist die Stimmritze bei niederen Tönen weniger schmal.

487. Spannung der Stimmbänder.

Unentbehrlich für die Produktion der Stimme überhaupt ist die gehörige Spannung und Elasticität der Stimmbänder. Ist der Schleimhautüberzug derselben entzündlich geschwellt, mit zähen und dicken Schleimmassen belegt, oder finden Infiltrationen der Bänder mit pathologischen Ausschwitzungsmassen statt, so sind regelrechte Schwingungen nicht mehr möglich. Die Tongebung ist dann mehr oder weniger gehindert, die Töne werden rauh, unangenehm, tiefer; in höheren Graden tritt völlige Stimmlosigkeit ein.

Ausserdem ist erforderlich zur Produktion eines Tones von bestimmter Höhe Unverrückbarkeit der beiden Insertionen der Stimmbänder, d. h. gleichbleibende Länge (Spannung) derselben. Die vordere Insertion des Bandes bleibt unverrückt, wenn der Abstand des unteren Randes des Schildknorpels vom obern Rand des vorderen Theiles des Ringknorpels sich nicht ändert. Die hintere Insertion der Stimmbänder bleibt fest, wenn der (je nach der Tonhöhe verschiedener) Winkel, den die Hinterfläche der Giesskannen mit der Hinterfläche der Ringknorpelplatte bildet, sich nicht ändert.

488. Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel.

Die Bildung und Oeffnung der Stimmritze ist verbunden mit ausgiebigen Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel. Wir haben desshalb die Articulation der Letzteren zu betrachten. Der obere Rand der Platte des Ringknorpels zeigt auf beiden Seiten eine kleine ovale Gelenkfläche, die (s. Fig. 120) von innen und hinten (*b*) nach aussen und vorn (*a*) steil abfällt und in dieser Richtung nahezu gerade verläuft; in der zu *ab* senkrechten Richtung *cd* dagegen, also von der Innenwand des Ringknorpels gegen dessen Aussenwand ist die Gelenkfläche ziemlich stark convex. Die Gelenkfläche auf der Basis (Muskelfortsatz) des Giesskannenknorpels ist hohl und zwar ganz vorzugsweis nach *cd*, während für die Dimension *ab* (namentlich in der Mitte der Gelenkfläche) nahezu ein geradliniger Verlauf angenommen werden kann. Die Ortsbewegungen der

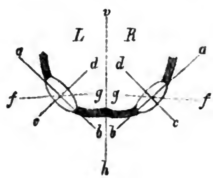


Fig. 120.

Hintere Hälfte des oberen Randes des Ringknorpels. *vh* Medianlinie, *v* vorn, *h* hinten. *L* links, *R* rechts.

Giesskanne — einseitig nach der Configuration dieser Gelenkflächen beurtheilt — wären somit 1) ein Gleiten der Giesskanne in der Richtung *ba*; mit dem Herabgleiten ist demnach verbunden eine Entfernung beider Knorpel, also Oeffnung der Stimmritze und Senkung (der hinteren Parthie) des Stimmbandes. 2) Die dazu senkrechten in der Richtung *dc* erfolgenden Bewegungen, die in eine Ein- und zugleich Vorwärts- und eine Auswärts- und zugleich Rückwärtsbewegung zerfallen. Bei letzterer senkt sich der hintere Theil des Muskelfort-

satzes der Giesskanne nach rückwärts, während der vordere Theil des Stimmfortsatzes fühlhebelartig nach aufwärts und auswärts sich bewegt; die Stimmritze erweitert sich demnach.

Die Hauptbewegungen der Giesskannen bei der Verengerung oder Erweiterung der Stimmritze erfolgen jedoch in der Diagonale zwischen *ab* und *cd*, also schraubenförmig auf der Ringknorpelfläche in Richtungen mehr oder weniger parallel mit *fg*. Dadurch wird erreicht: 1) Möglichste Breite der Stimmritze bei der Auswärtsbewegung. Die Giesskannen weichen nämlich in der Richtung *gf*, also sehr bedeutend auseinander; die Hinterflächen der Giesskannen bewegen sich demnach nahezu einer von rechts nach links (und von oben und von vorn nach unten und hinten) verlaufenden Ebene 2) Beste und schnellste Verengerung (resp. Verschluss) der Stimmritze bei der Einwärtsbewegung der Giesskannen. Letztere legen sich nämlich mit ihren ganzen Innenflächen, also auch mit den Innenflächen ihrer Stimmfortsätze sogleich aneinander. 3) Grösstmöglichste Berührungen der beiderseitigen Gelenkflächen während der Stimmgebung. Dadurch wird die so nöthige Unverrückbarkeit des jedesmaligen Stimmbandstandes ermöglicht.

Die Gelenkflächen beider Knorpel entsprechen einander allerdings nicht nach Form und Areal. Dennoch sind die Berührungen zwischen Giesskanne und Ringknorpel mehr als bloss lineare, oder gar punktförmige; welche Muskelanstrengung wäre unter letzteren Bedingungen nöthig, um die hintere Stimmbandinsertion unverrückt zu halten! Nach *ab* Fig. 120 ist die Ringknorpelfläche ziemlich länger als die der Giesskanne; nach *dc* dagegen ist letztere etwas bevorzugt. Die Giesskanne scheint einen Abschnitt einer Schraubenhohlfläche zu bieten, eine Vermuthung, die freilich nur an grossen Thieren strenger geprüft werden könnte.

489. Die Stimmbänder als Aenderungsmittel der Tonhöhe.

I) Die Länge der Stimmbänder ist, nach 479, von grossem Einflusse auf die Stimmlage. Ihre Kürze bedingt die hohe Stimmlage des Kindes und Weibes, gegenüber dem erwachsenen Manne. Bei schwingenden Membranen kommen Bildungen von Schwingungsknoten, also Theilungen in vibrirende Einzelsysteme vor; solche Aliquotschwingungen können wohl auch bei den Stimmbändern vorkommen und zur Tonerhöhung beitragen.

II) Breite der Bänder. Die schmäleren Bänder des Weibes und Kindes geben höhere Töne, als die breiteren des Mannes.

III) Die Spannung der Bänder ist das Hauptveränderungsmittel der Tonhöhe in demselben Stimmorgan. Am todten Kehlkopf wächst die Tonhöhe mit zunehmender Bänderspannung, aber nicht so, dass die Schwingungszahlen, wie bei Saiten (474) den Quadratwurzeln der Spannungen proportional sind. Werden also z. B. die Bänder durch ein 4 mal stärkeres Gewicht angespannt als vorher, so steigt der volle Ton nicht um eine Oktave, sondern er bleibt um einen, ja selbst mehrere ganze Töne zurück (J. Müller). Das Resultat erklärt sich dadurch, dass das Gewicht im todten Kehlkopf nicht bloss von den Bändern, sondern auch von andern Theilen des Kehlkopfes getragen wird. Durch Vermehrung der

Spannungen konnte Müller die Töne um etwa $2\frac{1}{2}$ Oktaven erhöhen und überhaupt nahezu den ganzen Umfang der Menschenstimme an todten Kehlköpfen erhalten. Bei zu starken Spannungen geht die Stimmbildung verloren, sowie andererseits ein gewisses Minimum der Spannung nöthig ist, wenn überhaupt ein Ton entstehen soll.

Zwei Mechanismen dienen zur stärkeren Spannung der Bänder: 1) Die Thätigkeit des M. thyreo-arytaenoideus (491) und 2) die Verlängerung der Bänder selbst, d. h. die Entfernung ihrer beiden Insertionen. Die vordere Insertion des Stimmbandes verändert ihren Ort nicht merklich, d. h. der Abstand des unteren Schildknorpelrandes vom oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels bleibt bei hohen oder tiefen Tönen nahezu derselbe, wie man sich durch Auflegen des Fingers auf das Ligamentum crico-thyreoideum medium überzeugt. Die hintere Insertion des Bandes (am Stimmfortsatz der Giesskanne) ist aber nicht fest, sie folgt den Bewegungen der Giesskanne. Die Hinterflächen beider (aneinander gepressten) Giesskannen bilden einen grösseren Winkel mit der Ringknorpelplatte, d. h. die Giesskannen neigen sich nach vorwärts und die Bänder werden minder gespannt, bei tieferen Tönen; während bei höheren Tönen die Giesskannen sich mehr aufrichten und somit die hintere Stimmbandinsertion von der vorderen sich entfernt und das Stimmband stärker gespannt wird.

490. Stimmritzmuskeln.

Die Darstellung der Betheiligung der Kehlkopfmuskeln an den von 486 bis 489 geschilderten Vorgängen wurde absichtlich ausgeschlossen. Wir begegnen hier einer Menge von Widersprüchen unter den Forschern und müssen selbst auf die gehörige Motivirung des in Folgendem Vorgetragenen verzichten, indem der Gegenstand in allen seinen Verwickelungen unmöglich hier verfolgt werden kann. Die Hauptaufgaben der Stimmritzmuskeln sind:

I) Verengerung, resp. Verschluss der Stimmritze: der unpaare Musc. arytaenoideus transversus und die arytaenoidei obliqui. Dieselben verbinden beide Giesskannen mit einander.

II) Erweiterung, resp. Eröffnung der Stimmritze. Der M. cricoarytaenoideus posticus verläuft beiderseits von der Hinterfläche der Platte des Ringknorpels schräg nach aufwärts und auswärts an die hintere Fläche und äussere Ecke des Muskelfortsatzes der Giesskanne; er zieht diesen Fortsatz nach auswärts und rückwärts, entfernt dadurch beide Giesskannen von einander und erweitert die Stimmritze unter gleichzeitigem Heben der hinteren Insertion jedes Stimmbandes.

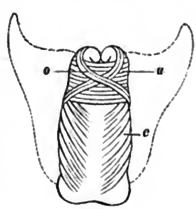


Fig. 121.

a M. arytaenoideus transversus. *o* M. arytaenoideus obliquus. *c* M. cricoarytaenoideus posticus.

491. Spannmuskeln der Stimmbänder.

I) Spannung der Bänder. Die Mechanik ist wie schon (489) bemerkt, eine doppelte: 1) die beiden Insertionen der Stimmbänder werden in einem bestimmten Abstand von einander gehalten, d. h. auf die vordere Insertion wirkt eine Zugkraft nach vorwärts, auf die hintere eine Zugkraft nach rückwärts; beide Kräfte sind aber im Gleichgewicht, sodass die Insertionen der Bänder sich nicht verrücken während der Produktion eines bestimmten Tones. Der Zug nach vorwärts geschieht durch die M. m. cricothyreoidei, deren Wirkung nicht etwa darin besteht, dass sie den Schildknorpel dem Ringknorpel nähern, sondern darin, dass sie den Abstand zwischen beiden (also die Lage der vorderen Stimmbandinsertionen) konstant erhalten. Der Zug an den Stimmbändern nach rückwärts geschieht durch die M. m. cricoarytaenoidei postici, vorausgesetzt dass beide Giesskannen durch die Stimmritzschliesser an einander gepresst sind. Ist das Stimmband auf diese Weise gespannt und für Fixation seiner beiden Insertionen gesorgt, so kann:

2) der M. thyreo-arytaenoideus, der von der Innenfläche des Schildknorpels innerhalb des sog. Stimmbandkörpers, rückwärts zur Giesskanne seiner Seite verläuft, durch seine Thätigkeit die Spannung des Stimmbandes vermehren.

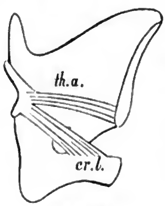


Fig. 122.
cr. l. M. cricoarytaenoideus lateralis. *th. a.* Thyreoarytaenoideus.

II) Abspannung der Stimmbänder Diese muss sogleich eintreten, wenn die Thätigkeit der genannten 3 Spannmuskeln abnimmt; es kann aber auch eine aktive Muskelkraft eingreifen: der cricoarytaenoideus lateralis, welcher von der oberen Seitenwand des Ringknorpels entspringt und rückwärts und aufwärts zum unteren Rand des Muskelfortsatzes der Giesskanne verläuft.

Ist dagegen die Stimmritze offen Fig. 123 *A*, so würde der Cricoarytaenoideus lateralis, für sich allein, in der Richtung des Pfeiles (Fig. 123 *B*) wirken und den Muskelfortsatz der Giesskanne *g* nach vorwärts und abwärts, also den Stimmfortsatz dieses Knorpels nach einwärts (und aufwärts), folglich die Giesskanne ungefähr um ihre Längsaxe nach einwärts rotiren. Das Stimmband wird somit nach einwärts geknickt (Figur 123 *B*), eine Stimmritzform, welche Czermak in der That öfters beobachtete, wenn er nach vollführter Inspiration die Ritze wieder zum Stimmgeben schliessen wollte.

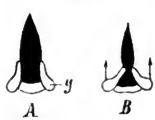


Fig. 123.

Czermak fand ferner nicht selten, wenn nach Produktion der höchsten Töne die Ritze zur Inspiration schnell geöffnet wurde, dass dann die Stimmritze aus der Form *A* in die von *B*, Fig. 124 übergieng. Bei dieser Bewegung rotirt die Giesskanne um ihre Längsaxe nach auswärts, offenbar eine einseitige Wirkung des M. cricoarytaenoideus posticus allein. Die Eröffnung der Stimmritze, wenigstens wenn sie rasch erfolgen soll, erfordert offenbar die Mitwirkung des cricoarytaenoideus lateralis.

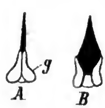


Fig. 124.

492. Stärke des Anblasens und Tonhöhe.

Mit zunehmender Stärke des Luftstromes steigt, wie schon Ferrein zeigte, auch die Tonhöhe. Am todten Kehlkopf konnte J. Müller durch stärkeres Anblasen, bei sonst gleicher Bänderspannung, den Ton bis zur Quinte erhöhen. Eine und dieselbe Tonhöhe ist also erreichbar entweder durch stärkere Bänderspannung und zugleich ruhigeren Exspirationsstrom, oder mittelst schwächerer Spannung der Bänder und stärkerem Luftstrom. Im ersteren Fall ist aber der Klang des Tones angenehmer. Beide Faktoren sind also wichtige Compensationsmittel bei der Produktion der Tonhöhe. Es erklärt sich hieraus, dass die höchsten Töne niemals schwach, die niedersten dagegen niemals sehr stark gegeben werden können. Während der Exspiration nimmt, mit Abnahme des Luftvorrathes, die Kraft des Anblasens ab; der Ton kann aber trotzdem auf gleicher Höhe gehalten werden durch zunehmende Bänderspannung.

493. Funktionen des Ansatzrohres.

Diejenigen Theile der Luftwege, welche oberhalb der wahren Stimmbänder liegen, leisten die Dienste als Ansatzrohr musikalischer Zungenwerkzeuge, jedoch mit mehrfachen, den Stimmapparat auszeichnenden Modifikationen.

Als J. Müller dem todten Kehlkopf längere Ansatzröhren vorsetzte, wurde die Tonhöhe nicht wesentlich vertieft. Die Corpustheile sind dagegen von Einfluss auf den Klang und besonders auf die Stärke der Töne. Durch Zuhalten der Nase, durch Schliessen oder Oeffnen des Mundes z. B. wird in der That niemals die Höhe, wohl aber der Klang und besonders die Stärke der Töne verändert. Ein Verschluss der Nase verändert, wenn der exspiratorische Luftstrom schwach und der Mund weit geöffnet ist, den Klang der Töne verhältnissmässig nur wenig; bei starkem Luftstrom aber wird der Klang erheblich modificirt d. h. näselnd; indem die Wände der Nasenhöle nicht bloss als Reflectoren der Schallwellen wirken, sondern auch in stärkere, den Klang modificirende Schwingungen gerathen. Zunehmende Räumlichkeit der Mund- und Nasenhöle begünstigt, Verknöcherungen des Kehlkopfknorpels z. B. mindert die Tonstärke. Die Morgagni'schen Taschen gestatten die gehörigen Excusionen der Stimmbänder. Das Secret ihrer Schleimhaut trägt auch bei zur normalen Befeuchtung, also auch Elasticität der Stimmbänder (Merkel).

494. Kehlkopfnerven.

Dieselben gehen zunächst vom N. vagus ab; doch scheinen die eigentlichen Vagusfasern des Kehlkopfs ausschliesslich sensibel zu sein, während die Muskulatur des Organes von, ursprünglich in der Bahn des N. accessorius verlaufenden Fasern versorgt werden. Nach Bischoff verursacht Durchschneidung der Accessoriuswurzeln in der Schädelhöle vollständige Stimmlosigkeit. Durchschneidung bloss auf einer Seite bewirkt Heiserkeit der Stimme. Der N. laryngeus superior ist vorzugsweise sensibel; er versorgt namentlich auch die Kehlkopf-

schleimhaut, ausserdem noch die Musculi cricothyreoidei. Nach Durchschneidung desselben im Hund wird nach Longet die Stimme tiefer (die vordere Insertion der Stimmbänder ist jetzt weniger fixirbar) und rauh (veränderte Secretion der Kehlkopfschleimhaut?). Die Athmung wird übrigens durch diese Operation nicht gestört. Durchschneidung des N. laryngeus inferior (recurrens vagi), welcher alle übrigen Kehlkopfmuskeln innervirt, bewirkt, wie schon Galenus fand, völlige Stimmlosigkeit.

Die Kehlkopfmuskeln sind dem Willen im höchsten Grade unterthan, wie die Leistungen des Gesanges am besten beweisen. Der Sänger ist im Stande, die Töne nach Höhe, Klang, Stärke, Dauer u. s. w. auf's Mannigfaltigste und Schnellste abzuändern.

495. Umfang der menschlichen Stimme.

Man unterscheidet folgende Stimmlagen: 1) Sopran, die höhere Weiberstimme; 2) Alt, die tiefere Weiberstimme; 3) Tenor, die hohe Männerstimme und 4) Bass, die tiefe Männerstimme. Der Sopran liegt ungefähr eine Oktave höher als der Tenor; der Alt um eine Oktave höher als der Bass.

Zwischen dem tiefsten Bass und dem höchsten Sopranton liegen etwas über $3^1/_2$ Oktaven; rechnet man Stimmen von seltener Tiefe oder Höhe dazu, so beträgt der ganze Umfang der Menschenstimme sogar 5 Oktaven, während die Musik etwa 9 Tonoktaven verwendet. Eine gute Einzelstimme umfasst 2 Oktaven oder etwas darüber von musikalisch verwendbaren Tönen; Stimmen von grösserem Umfang sind nicht so selten, ja selbst ein Gebiet von $3^1/_2$ Oktaven kam bei begabten Einzelstimmen schon vor. Der Bass erreicht ausnahmsweis selbst $\underline{F}$; Kinderstimmen und der Weibersopran manchmal $\overline{\overline{\overline{f}}}$, ja selbst $\overline{\overline{\overline{a}}}$. Nur wenige Töne, von $\bar{c}$ bis $\bar{f}$ sind allen Stimmlagen gemeinsam.

Die nachfolgende Tabelle umfasst die menschliche Tonscala, mit Angabe der Schwingungszahlen der Töne in der Sekunde (wegen der Bezeichnung der Oktaven s. 343).

Ton	Schwingungen	Bass	Tenor	Alt	Sopran
$\underline{F}$	42				
$\underline{G}$	48				
$\underline{A}$	53				
$\underline{H}$	60				
C	64				
D	72				
E	80	Bass.			
F	85	│			
G	96	│			
A	106	│			
H	120	│			
c	128	│	Tenor.		
d	144	│	│		
e	160	│	│		
f	170	│	│	Alt.	
g	192	│	│	│	
a	213	│	│	│	
h	240	│	│	│	
$\bar{c}$	256	│	│	│	Sopran.
$\bar{d}$	288	│	│	│	│
$\bar{e}$	320	│	│	│	│
$\bar{f}$	341	│	│	│	│
$\bar{g}$	384		│	│	│
$\bar{a}$	427		│	│	│
$\bar{h}$	480		│	│	│
$\bar{\bar{c}}$	512		│	│	│
$\bar{\bar{d}}$	576			│	│
$\bar{\bar{e}}$	640			│	│
$\bar{\bar{f}}$	683			│	│
$\bar{\bar{g}}$	768				│
$\bar{\bar{a}}$	854				│
$\bar{\bar{h}}$	960				│
$\bar{\bar{\bar{c}}}$	1024				│
$\bar{\bar{\bar{d}}}$	1152				
$\bar{\bar{\bar{e}}}$	1280				
$\bar{\bar{\bar{f}}}$	1366				
$\bar{\bar{\bar{g}}}$	1536				
$\bar{\bar{\bar{a}}}$	1708				

496. Klangarten der Stimme.

Die Menschenstimme zeigt unendlich viele Modificationen (Klangarten), fast so viele als es Einzelindividuen giebt. Dabei sind ausser der Regelmässigkeit (Isochronismus) der Schwingungen der Stimmbänder, welche die sog. Reinheit der Stimme vorzugsweis bedingt, besonders die Theile des Ansatzrohres, deren Formen, Grössen, Elasticitäten u. s. w. massgebend, und zwar sowohl wegen deren Mitschwingungen als der von ihnen bewirkten Reflexion der Tonwellen.

Ausserdem unterscheidet man zwei Hauptregister von Tönen: die Brust- und Falsettöne. Der Klang der Brusttöne ist voll und stark; die auf die Brust gelegte Hand fühlt deutliche Vibrationen. Die Falset- (Fistel-) töne dagegen sind weicher. Die tieferen Töne gehören der Bruststimme, die höheren der Fistelstimme an. Einige Töne in der Mitte der Stimmlage können als Falset- oder Brusttöne gegeben werden. Die Unterschiede beider Tonregister sind übrigens bei der männlichen Stimme bei weitem am deutlichsten. Lehfeldt ahmte beide Klangweisen selbst am todten Kehlkopf einigermassen nach; Falsettöne entstanden nämlich allemal, wenn nur die freien Ränder der Stimmbänder, Brusttöne dagegen, wenn die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwangen. Letzterer Angabe widersprechen aber Garcia's Erfahrungen mittelst des Kehlkopfspiegels. Derselbe gibt nämlich an, dass beim Falset die Bänder in grösserer Breite und Länge schwingen, als beim Brustton von gleicher Höhe. Auch ist beim Falset die Stimmritze weiter geöffnet; bei den Brusttönen entweicht desshalb die Luft langsamer; dieselben können somit länger angehalten werden, dagegen wird die Kehlkopfmuskulatur stärker angestrengt und die Lungenluft mehr gepresst (daher die Vibrationen der Brustwand).

Bei den sog. Gaumentönen wird nach Liscovius der Luftstrom, in Folge von Näherung des Gaumensegels gegen die hintere Rachenwand, dem Munde zugeleitet, aber in dessen Hintergrund durch die aufgerichtete Zunge gehemmt. Bei den Nasentönen dagegen ist der Eingang in die Nase freier, sodass die Luft der Nasenhöle mitschwingen kann.

XXV. Sprechen.

497. Aufgabe.

Mittelst der Tonsprache sind wir befähigt, unsere Vorstellungen auf das Schnellste und Einfachste anwesenden Hörenden mitzutheilen. Die Physiologie kommt hier in mehrfache Wechselwirkungen mit den Sprachwissenschaften; doch beschränkt sie herkömmlicherweise ihre Aufgabe einfach auf die Darstellung des Mechanismus des Sprechens. Das Kind erlernt diese Fähigkeit, ohne

eigentlichen Unterricht, ausschliesslich durch Nachahmung der Sprechenden in Folge langer und beharrlicher Uebung, wobei es von den einfacheren zu den schwierigeren Sprachlauten übergeht. Das Gehör dient ihm dabei als einzige, aber sichere Controlle der richtigen Ausführung seiner Aufgabe, ohne dass es, wie auch der erwachsene Redende, der specielleren Stellungen seiner Mundtheile bewusst wäre. Ganz anders verhält es sich bei Taubgeborenen; sollen diese laut sprechen lernen, was in der Regel freilich nur unvollkommen möglich ist, so müssen sie durch systematischen Unterricht mit der Mechanik des Sprechens bekannt werden. Die Physiologie der Sprachlaute findet also wichtige Verwerthungen beim Taubstummenunterricht.

Der spanische Mönch Peter Ponce († 1584) gilt als Erfinder dieses Unterrichts, der freilich im Verlauf eines Jahrhunderts in mehreren Ländern selbstständig (z. B. Bischoff Wallis in England) erfunden worden ist. Abbé de l'Epée brachte später, statt der Lautlehre, die Zeichensprache beim Taubstummenunterricht mehr in Aufnahme. Die Tonsprache, eine der wunderbarsten Fähigkeiten des Menschen, bietet, für den normalen Menschen, ja auch für den Taubstummen, sehr wesentliche Vortheile gegenüber den mehr oder weniger unbeholfenen Verständigungsmitteln der Zeichensprache. Die Mechanik und Systematik der gesammten Sprachlaute ist besonders von Kempelen, Chladni, Joh. Müller und Brücke gefördert worden.

498. Allgemeine Eigenschaften der Sprachlaute.

Die Sprache ist eine Combination einzelner Geräusche, der sogenannten Laute, welche während des Durchströmens der Exspirationsluft durch die Mund- oder Nasenhöle gebildet werden, wobei gewisse Theile des Mundes entweder bestimmte Stellungen schon eingenommen haben, oder gewisse Bewegungen gleichzeitig ausführen. Sprechwerkzeuge im engeren Sinne sind also die Theile des sog. Ansatzrohres des Stimmorganes.

Zur physiologischen Charakteristik der einzelnen Laute gehört Folgendes:

1) Die speciellen Stellungen der Sprachorgane während der Produktion der Laute. Diese Aufgabe, so einfach sie verhältnissmässig erscheint, hat mit keinen geringen Schwierigkeiten zu kämpfen und ist, namentlich in ihren Bemühungen um die Classification der Laute, gar leicht der Gefahr ausgesetzt, das Unwesentlichere mit der Hauptsache zu verwechseln. Das beim normalen Menschen sehr grosse aber noch wenig untersuchte Compensationsvermögen der Sprachwerkzeuge tritt am Deutlichsten hervor bei Menschen mit theilweis verstümmelten Sprachorganen; das bei Diesen Beobachtete darf aber nur mit grosser Vorsicht in die Analyse der normalen Verhältnisse eingeführt werden.

2) Der akustische Werth der Sprachlaute (351).

3) Es sind ausser, den Einzellauten an und für sich, noch zu unterscheiden die Verbindungen der Laute miteinander. Ein und derselbe Laut kann, je nachdem er diesen oder jenen Vorgänger oder Nachfolger hat, auf abweichende Art producirt werden. Auf diese Fragen kann aber hier nicht eingegangen werden; wir beschränken uns auf eine kurze Darstellung der durchschnittlichen Mechanismen der Einzellaute, wobei wir (der Vergleichbarkeit wegen) von einer und derselben Ausgangsstellung, d. h. der Ruhelage der Sprachorgane ausgehen.

499. Sprechen mit und ohne Stimme.

Die Sprechlaute werden angegeben entweder durchaus unabhängig von der Tonsprache, oder, verbunden mit der Stimme, als Tonsprache.

I) Tonsprache. Das Sprechen, wenn es in einigermassen grösseren Abständen vernommen werden soll, erfordert die Mitwirkung der Stimme, also die für die Tonbildung nöthige Stimmritzenenge und Stimmbänderspannung. Die Laute der Tonsprache sind demnach Combinationen von Tönen mit den (nach der Definition des vorigen Paragraphen) selbständigen Geräuschen der Sprachlaute.

II) Tonlose Sprache. Sie tritt ein 1) bei mangelnder Elasticität, also Schwingungsfähigkeit der Stimmbänder (z. B. in manchen Kehlkopfkrankheiten) und 2) bei einer gewissen Weite der Stimmritze, sodass die Stimmbänder nicht mehr in tönende Schwingungen versetzt werden können. Wohl aber kann auch in diesem Fall unter Umständen ein gewisses Lufthinderniss vorhanden sein, indem die Stimmbänder durch die nach vorn und innen convergirenden Stimmfortsätze der Giesskannen einen Knick nach innen erhalten und dann ist das Durchströmen der Luft durch den Kehlkopf von einem mehr oder weniger in Betracht kommenden Geräusch begleitet. Nach Czermak zeigt die Stimmritze bei der Produktion eines tonlosen, heisern *ha* eine Form, wie Fig. 123 B. Die Stimmbänder als solche und die Formen der Stimmritze sind gleichgültig für die Qualität, nicht aber die Intensität dieser Laute.

Wir vermeiden die Intonirung beim leisen Sprechen, der sog. Flüstersprache. Letztere bezeichnet aber das Wesen der Sache nicht; wir können ja ziemlich laut tonlos reden, lauter als bei den leiseren Arten der Tonsprache. Wir vermeiden freilich das intensive tonlose Sprechen, nicht sowohl weil es in der That unschön, sondern weil es 1) mit zu schneller Entleerung des Luftvorrathes der Lungen verbunden ist und uns desshalb zu zahlreichen und tiefen Athembewegungen, also zu unnöthigem Kraftaufwand zwingt und 2) weil der starke Luftwechsel auf die Schleimhaut der Luftcanäle trocknend und reizend wirkt.

Wir sind im Stande, die tonlosen Sprechlaute auch während der Einathmung mit aller Deutlichkeit zu produciren; ja wir vermögen während der Luftaspiration sogar Töne, freilich nicht von angenehmem Klange, zu erzeugen. Desshalb kann auch die Tonsprache einzelne kurze Worte während der Inspiration hervorbringen, z. B. einzelne Ausrufe in gewissen Affekten, namentlich auch vom Schauspieler benützt. Sehr gut und ziemlich anhaltend gelingt dagegen die Flüstersprache, vorausgesetzt, dass sie etwas langsamer geschieht, im Verlaufe des Einathmens; desshalb können wir flüsternd reden, ohne durch das Einathmen unterbrochen zu werden.

500. Haupteintheilung der Laute.

Man theilt von jeher die Laute zunächst ein in Vocale und Consonanten, eine Unterscheidung, welche, obwohl ihre ursprünglichen Motive als physiologisch ungerechtfertigt längst erkannt sind, gleichwohl von anderen Standpunkten aus immer noch beibehalten wird. Die Vocale sollten nicht ohne Stimme hervorgebracht werden können, daher eben der Name Selbstlauter im Gegensatz zu

den Consonanten (Mitlautern), die an und für sich immer nur tonlos producirt, jedoch in Verbindung mit Vocalen intonirt würden.

Diese Behauptungen sind handgreiflich falsch; denn 1) die Vocale können, so gut wie die Consonanten, stimmlos angegeben werden, z. B. in der Flüstersprache; 2) die Töne der Stimme nehmen nicht ausschliesslich den Vocalcharakter an; mit anderen Worten: auch Consonanten können mit der Stimme sich verbinden. Manche Consonanten, z. B. *w, s, l,* werden sehr deutlich und rein intonirt; andere allerdings minder rein; *h, b, d, g.* dagegen können für sich gar nicht intonirt werden.

Joh. Müller suchte die alte Unterscheidung zu retten mit der Behauptung, die Vocale seien zwar keine Stimmbändertöne, wohl aber entständen sie im Kehlkopf und zwar durch Reibung der Luft an den nicht gespannten Stimmbändern der weiten Stimmritze. Dagegen ist zu erinnern, dass, wenn wir übergehen von einem Vocal zu einem andern, immer unumgänglich nothwendig sind kleine Veränderungen in der Stellung der Mundorgane, während wir nicht das geringste Gefühl einer Veränderung im Kehlkopf haben; bei der inspiratorischen tonlosen Vocalbildung bleibt sogar der Kehlkopf (dessen Bewegungen bei der Vocalbildung man mit Unrecht als etwas Wesentliches betrachtet) als Ganzes vollkommen unbeweglich.

Die Vocale entstehen nicht im Kehlkopf, sondern im Ansatzrohr des Stimmorganes gerade wie die übrigen Laute und es ist nicht der geringste physiologische Grund vorhanden, dieselben als eine besondere Classe von Lauten zu unterscheiden.

Die physiologische Eintheilung der Laute basirt am natürlichsten auf den Hauptwegen, die der Luftstrom bei der Lautproduction nimmt. Der möglichen Wege giebt es aber nur zwei: Mund- und Nasenkanal. Wir unterscheiden demnach in oberster Linie Mundlaute und Nasenlaute.

501. Mundlaute.

Vollführen wir die Ventilation der Athemluft ausschliesslich durch den Mund, während zugleich die Organe der Mundhöle in möglichster Ruhelage verharren, so tritt bei einer gewissen Intensität des (inspiratorischen oder exspiratorischen) Luftstromes deutlich, d. h. kräftig und rein, der Lautcharakter *a*, bei noch stärkerem, schnellerem Luftwechsel aber, der Lautcharakter *h* auf. Beide Laute entsprechen also dem Durchfluss der Athemluft durch den in der Ruhelage verharrenden Mundkanal. Die Mundspalte ist in der Ruhelage wenig offen, viel breiter als hoch; beide Zahnreihen sind einander ziemlich genähert und zugleich steht die untere hinter der oberen Reihe ein wenig zurück; die Zunge ist mehr am Boden der Mundhöle und ihr vorderer Theil gegen die Mitte der unteren Zahnreihe gerichtet; das Gaumensegel ist etwas erhoben zur Erleichterung der Communication zwischen dem Mund- und unteren Pharynxraum.

Erfährt diese, wenigstens relative, Ruhelage auch nur ganz leise Veränderungen, so verändert sich auch der Lautcharakter, weil jetzt eine andere Enge gebildet wird. Diese Enge kann hergestellt werden: 1) Durch die

Mundöffnung, also mittelst gewisser Lippenstellungen; hieher gehören die Lippenlaute *w, o, u.* 2) Vorn in der Mundhöle, durch Näherung nämlich der Zunge an die obere Zahnreihe oder an den Alveolarfortsatz des Oberkiefers. Sogenannte Zungenlaute: *s, sch, l, e, i.* 3) Weiter hinten in der Mundhöle, durch Näherung der Zunge an den vorderen oder mittleren Theil des harten Gaumens. Sogenannte Gaumenlaute: *ch* und *r.* Alle bisher betrachteten Mundlaute sind kontinuirlich, d. h. sie können so lange angegeben werden, als der Luftstrom anhält.

Die Mundorgane bieten aber noch eine zweite Möglichkeit der Lautproduction: es wird im Mundkanal ein Verschluss hergestellt oder ein solcher aufgehoben und zwar, wie bei den Lauten der vorigen Classe, mittelst der Lippen oder Zunge. Während dieser Bewegungen entstehen Geräusche mit den Charakteren *b, d, g*; dieselben können aber, eben weil sie von plötzlichen Bewegungen herrühren, nur einen Moment hindurch angegeben werden. (Explosivlaute; Chladni's Verschlusslaute.)

502. Specielle Mechanik der Mundlaute.

Die Tabelle giebt die Stellungen der Sprachwerkzeuge bei der Produktion der Einzellaute, wobei jedesmal von der, 501 definirten (bei den Mundlauten zu *a* führenden), Ruhelage ausgegangen und die Voraussetzung gemacht wird, dass der Laut auf die einfachste Weise, d. h. durch die relativ geringste und am Schnellsten zum Ziele führende Bewegung, hervorgebracht werde, indem es offenbar von der Ruhelage aus zu jedweder anderen Lage nur einen bequemsten und leichtesten Weg giebt, gegenüber den Möglichkeiten, die sonst noch gestattet sind. Auf die mannigfaltigen Nebenbedingungen, denen die Sprechwerkzeuge sich zu accommodiren vermögen, kann nicht eingegangen werden. Die eingeklammerten Laute in der Tabelle werden bloss durch einen, im Vergleich zu ihren Vorgängern stärkeren Luftstrom producirt.

			Die Enge, (resp. Verschluss) wird gebildet:		
		Ruhelage	durch die Mundöffnung (sog. Lippenlaute)	im vordersten Theil der Mundhöle (durch Näherung oder Anlagerung der Zunge an die obere Zahnreihe oder den Alveolarfortsatz des Oberkiefers. (sog. Zungenlaute)	etwas weiter hinten in der Mundhöle (durch Näherung oder Anlagerung der Zunge an den vorderen Theil des harten Gaumens (sog. Gaumenlaute)
Die Luft streicht durch den Mund; die Nase ist gesperrt: Mundlaute.	Die Stellung der Mundtheile ändert sich nicht während der Production des Lautes (continuirliche Mundlaute).	*a* (*h*)	*w* (*v. f.*): Mundspalte etwas breiter, Luftstoss etwas stärker. *o*: Mundöffnung mehr rundlich. *u*: Mundöffnung wie *o*, Lippen aber etwas mehr vorgeschoben.	*s*: Zunge der obern Zahnreihe genähert. *sch*: wie *s*, doch Zungenspitze ein wenig zurück, Luftstoss stärker. *l*: Zungenspitze dem Alveolarfortsatz angelegt; die Luft streicht also an beiden Seiten der Zunge vorüber. *e*: Zungenspitze ein wenig aufwärts und vorwärts. *i*: Zunge noch stärker erhoben, ihre Spitze gegen die obere Zahnreihe gerichtet.	*ch*: Zunge dem vorderen Gaumen genähert (z. B. lieb*ich*). Die harte Form entsteht, wenn die Zunge weiter zurückgezogen wird (z. B. Aa*ch*en). Die härteste, wenn zugleich bei starkem Luftstrom das Gaumensegel vibrirt. — *r*: Richtung der Zunge wie bei *ch*, Zunge aber etwas hohl gemacht, beim stärksten *r* bringt der Luftstrom die Zunge in kräftige Vibrationen.
	Die Stellung der Mundtheile ändert sich: ein Verschluss wird gebildet oder hergestellt. (Explosive- od. Verschlusslaute.)		*b* (*p*). Der Verschluss wird mit den Lippen gebildet, oder die geschlossenen Lippen werden von einander entfernt.	*d* (*t*). Die wie bei *l* gestellte Zunge wird plötzlich zurückgezogen.	*g* (*k*): Die an den harten Gaumen angelegte Zunge wird plötzlich von demselben entfernt.

Eine Abart der (reinen) Vocale sind die **Combinationsvocale.** Die Mundtheile machen Stellungen, welche in der Mitte liegen zwischen den je 2 reinen Vocalen entsprechenden. Die gewöhnlichsten sind: *ä* (a—e); *ü* (u—i); und *ö* (o—e).

503. Nasenlaute.

Wir athmen gewöhnlich, bei geschlossenem Munde, ausschliesslich durch die Nase. In dieser **neuen, mit der Luftventilation durch die Nase verbundenen Ruhelage** können wir bloss zwei benützbare Laute produciren: *n* und *m*. Die Ruhelage ist noch dadurch charakterisirt, dass das Gaumensegel senkrecht herabhängt zur Erleichterung der Communication zwischen dem oberen und unteren Pharynxraum, während die an den harten Gaumen angelegte Zunge die Mundhöle grösstentheils ausfüllt. Bei stärkerem Luftwechsel entsteht unter

den genannten Bedingungen ein Geräusch mit dem deutlichen Lautcharakter *n*; dasselbe ist der einfachste Nasenlaut, entstanden durch die Reibung und Reflexion der Athemluft an den Wänden der Nasenhöle. Er kann rein nur exspiratorisch erhalten werden.

Hätten wir bewegliche Organe in der Nasenhöle, so würden wir mannigfaltige Nasenlaute produciren können. Das Lufthinderniss in der Nasenhöle ist aber konstant. Nur ein Hülfsmittel steht uns noch zu Gebot: wir lassen die Luft der Mundhöle resoniren, einfach dadurch, dass in Folge des Entfernens der Zunge vom harten Gaumen eine grössere Mundcavität hergestellt wird.

Bei der Herstellung des *m* gehen wir, wie bemerkt, von der oben definirten, zu *n* führenden, Ruhelage aus, dem offenbar natürlichsten Ausgangspunkt für diesen Nasenlaut. Wer dagegen die Ruhelage der Mundlaute voraussetzt, bedarf einer Bewegung (Anlagerung der Zunge gegen den harten Gaumen) um *n* zu erhalten, nennt also das *n* einen Zungenlaut. Ferner bedarf er für *m* einen Lippenverschluss (die Zunge war schon auf dem Boden der Mundhöle), er nennt also das *m* einen Lippenlaut.

504. Das Gaumensegel beim Sprechen.

Bei der Produktion der Mundlaute ist dem Luftstrom der Weg durch den Mund angewiesen; derselbe muss also von dem zweiten Ausweg, der Nase, abgehalten werden. Dieses geschieht durch das Gaumensegel, welches durch Erhebung und Anlagerung an die hintere Pharynxwand, die Mundhöle von dem oberen Pharynxraum abschliesst. Die Erhebung des Gaumensegels, überhaupt der Abschluss, erfolgt bei den sog. Consonanten nicht minder als bei den Vocalen, jedoch bei den einzelnen Lauten in verschiedenem Grad. Ordnet man die, in diesem Betreff am Genauesten untersuchten, Vocale in eine Reihe, so ist die Erhebung des Gaumensegels am grössten bei *i*, dann folgen *u, o, e*, endlich *a*, bei welchem das Segel wenig oder nicht erhoben wird. Spritzte Czermak Wasser in den oberen Pharynxraum, während die Vocale in der, eben angegebenen Reihe von *i* an producirt wurden, so lief anfangs kein Wasser in den Mund ab, zum Beweis eines vollständigen Gaumensegelverschlusses; der Durchbruch des Wassers geschah erst bei *a*, höchstens schon bei *e*.

Bei der stimmlosen Produktion von Mundlauten mit mässiger Intensität wird der Klang der Laute nicht verändert in Folge von Zuhalten der Nase; wohl aber geschieht dieses, wenn die Laute (Vocale wie Consonanten) intonirt werden. Offenbar schwingt jetzt die Luft der Nasenhöle mit, d. h. der Gaumensegelverschluss ist nicht mehr vollkommen. Diese Klangveränderungen können wir aber, namentlich bei den Vocalen, auch bei offener Nase hervorrufen durch willkürliche Minderung des Gaumensegelverschlusses; es entstehen die sog. Nasenvocale, welche z. B. die französische Sprache viel anwendet; namentlich *a (en, an* der französischen Schreibweise), *e (ein)* und *o (on)*. Ein Nasenvocal *i* wird nicht benützt; er ist weder leicht, noch rein hervorzubringen, eben weil beim *i* der Gaumensegelverschluss am stärksten ist. Bei der Angabe der Nasenvocale geht der Luftstrom theilweis durch die Nase, indem ein, vor letztere

gehaltener Spiegel sich beschlägt, was bei den Mundvocalen nicht der Fall ist (Czermak).

Spricht man bei enger Stimmritze und unter hoher Pressung der Lungenluft, so erhält die Stimme einen eigenthümlichen Klang (fälschlich mit dem Namen Bauchstimme belegt). Geübte Bauchredner sind im Stande, über Richtung und Entfernung der Stimme auf das Mannigfaltigste zu täuschen. Auch die Bauchstimme wird exspiratorisch zu Stand gebracht; die Enge der Stimmritze und die vorhergegangene tiefe Inspiration gestattet, die Rede längere Zeit ohne Unterbrechung fortzuführen.

505. Schriftsymbole der Laute.

Die Sprache benützt bei Weitem nicht alle Laute, die im Ansatzrohr des Stimmorganes erzeugt werden können. Bei der Auswahl gilt nicht die Rücksicht auf den Wohlklang, so wenig die Gangweisen der Menschen durch Rücksicht auf Schönheit bestimmt werden, sondern ganz vorzugsweise 1) die Leichtigkeit der Produktion der Laute und 2) deren Hörbarkeit und Verständlichkeit. Manchen Sprachen fehlen allerdings sonst ganz gebräuchliche Laute, z. B. *l;* in anderen kommen unbequeme Inspirations- oder selbst Schnalzlaute (Negersprachen) vor.

Die Hauptlaute sind, nach früheren Auseinandersetzungen, *h* — *a, e, i, o, u* (nebst den sog. Combinationsvocalen und den Nasenvocalen) — *b, d, g* (und ihre »harten« *p, t, k*) — *f* (*v, w*) — *l, r, s, sch, ch* — *m* und *n*.

Die Laute werden symbolisirt durch gewisse Zeichen, die Buchstaben der Schriftsprachen. Letztere aber enthalten ohne Ausnahme viel Conventionelles, ja selbst geradezu Unzweckmässiges und Irrationelles. 1) Für gewisse specifische Laute fehlen Buchstaben, z. B. *sch* (bei uns zusammengesetzt aus 3 Buchstaben, obschon es durchaus kein Combinationslaut ist), ferner *ch* und die französischen Nasenlaute. 2) Andererseits sind besondere Buchstaben vorhanden für Geräusche, die gar keine einfachen Laute sind; *c* (theilweis) und *z* unseres Alphabetes sind $= ts$; $x = ks$. 3) Endlich hat derselbe Laut zwei verschiedene Symbole, z. B. *k* und *q;* oder das *y* der Griechen, das uns wenigstens in der Aussprache mit *i* gleichwerthig, seinen ursprünglichen Charakter *ü* verloren hat.

Die Sprachen sollten demnach für jeden einzelnen Lautcharakter ein bestimmtes Symbol haben, gleichgültig von welcher Form, wenn es nur leicht kenntlich und schnell geschrieben werden könnte. Dieses sog. phonetische Alphabet würde uns die Aussprache der fremden Wörter sogleich angeben, auch wenn wir dieselben nie gehört hätten. Diese Bemühungen sind natürlich der vulgären Schriftsprache gegenüber unausführbar; wohl aber sind sie für die vergleichende Sprachwissenschaft von hohem Interesse, wie sie auch den abstracten Anforderungen der Physiologie des Sprechens genügen.

XXVI. Zeugung.

A. Zeugungsstoffe.

506. Fortpflanzungsweisen.

Die Individuen haben nur eine begrenzte Lebensdauer, die schon in der Säugethierreihe bezüglich der Durchschnittswerthe der Einzelarten sehr grosse Unterschiede bietet. Durch die Zeugung wird die Art erhalten. Diess geschieht aber nur von den vorhandenen Individuen aus; die früher angenommene Bildung niederer Thierformen aus faulenden animalischen oder vegetabilischen Substanzen, die sog. freiwillige Zeugung (Generatio aequivoca) ist, wie es scheint, mit voller Beweiskraft widerlegt durch die positive Nachweisung der von Elternthieren ausgehenden Entstehungsweisen der betreffenden Thiere.

Man unterscheidet zwei Fortpflanzungsweisen:

I) Ungeschlechtliche Fortpflanzung, und zwar a) Theilung. Das Thier zerfällt in neue Thiere; nichts bleibt zurück (manche Infusorien, Polypen). b) Sprossenbildung. An der Oberfläche entstehen Proliferationen; sie wachsen, schnüren sich ab und werden selbständige Thiere (Infusorien, Polypen, Anneliden, gewisse Generationen von Eingeweidewürmern). c) Keimkörnerbildung. Im Innern des Thierleibes bilden sich Keime, die anatomisch verschieden sind vom Ei; sie entwickeln sich ohne Befruchtung und werden nach ihrer Ausstossung selbständige Thiere (z. B. manche Generationen von Eingeweidewürmern).

Diese 3 Entstehungsweisen bieten einen successiven Fortgang: im ersten Fall zerfällt das ganze Thier ohne Residuum; die Einzeltheile des Leibes sind demnach hier am wenigsten differenzirt. In den beiden andern Typen entsteht aber das Neue nur an gewissen Stellen und es bleibt ein Stammindividuum zurück.

II) Geschlechtliche Fortpflanzung. Hier sind zwei besondere Zeugungsstoffe vorhanden, die in den Eierstöcken entstehenden Eier, welche in allem Wesentlichen in den verschiedenen Thierklassen denselben Bau zeigen und der Same, eine Bildung der Hoden, bestimmt zur Befruchtung der Eier.

Entweder sind beiderlei Organe vertheilt auf verschiedene Individuen: Männchen und Weibchen (Wirbelthiere, fast alle Gliederthiere, viele Weichthiere, selbst Echinodermen), oder dasselbe Individuum trägt beiderlei Organe: Zwitterbildung, Hermaphroditismus (viele Schnecken, Quallen, mehrere Eingeweidewürmer).

Wir betrachten zunächst bloss die doppelt geschlechtliche Zeugung und zwar die des Menschen.

507. Eierstockei.

Jeder Eierstock des menschlichen Weibes enthält etwa 50—100 Eichen von einer gewissen Grösse und Ausbildung. Man unterscheidet:

1) Das **Graaf'sche Bläschen**, das Hüllorgan und die Matrix für den Stoffwechsel des Eichens selbst. Das Bläschen besteht aus einer gefässreichen Haut (1, Fig. 124) von Bindegewebe mit einer inneren Epitelialauskleidung (2). An einer, gegen die Oberfläche des Eier stockes gerichteten Stelle, dem Keimhügel (3) sind die Epitelzellen stark angehäuft. Hie r ist das Eichen eingebettet. Im Innern (7) des Bläschens befindet sich ein Minimum von Flüssigkeit.

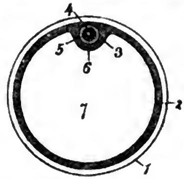


Fig. 124.

2) Das **Eichen**. Das etwa $\frac{1}{20} - \frac{1}{10}$ Linie grosse Säugthierei wurde erst von v. **Bär** entdeckt. Es besteht aus der strukturlosen Dotterhaut (4), dem viscösen, aus kleinen Körnchen zusammengesetzten Dotter (5), in welchen das **Purkinje'sche** Keimbläschen (6) eingebettet ist, ein rundliches Bläschen, das ein schwach granulirtes Körperchen enthält, den von **Wagner** entdeckten Keimfleck.

508. Abstossung des Eierstockeies.

Das menschliche Weib enthält etwa zwischen dem 14ten Jahr bis zur Mitte des 5ten Jahrzehends reife, befruchtungsfähige Eichen. Die Abstossung der letzteren geschieht während der Menstruation. Der Eierstock wird alsdann blutreicher; der Inhalt des reifsten **Graaf'schen** Follikels nimmt rasch zu, der Follikel ragt über die Oberfläche des Eierstocks hervor, wobei die zwischenliegenden Theile des Stroma und der beiden Hüllmembranen des Eierstockes immer mehr verdünnt werden. Endlich berstet der Follikel an der der Oberfläche nächsten Stelle, sammt den genannten ihn bedeckenden Schichten; das Eichen, eingebettet in Zellen des Keimhügels, wird von der hinter ihm befindlichen Follikelflüssigkeit weggeschwemmt in die Tuba, deren Franzen sich an den Eierstock anlegen.

Die Follikelhaut bleibt somit sammt ihrer Epitelauskleidung zurück. Der Riss des Follikels auf der Oberfläche des Eierstockes schliesst sich, sodass die Stelle in der nächsten Zeit durch eine Narbe angezeigt wird. In den leeren Follikel ergiesst sich etwas Blut, das bald gerinnt; die Follikelwand wird faltig, blutreich, ihre Epitelzellen wuchern stark.

Endlich geht der Follikel eine Reihe von Rückbildungsprocessen ein. Seine Wandung wird dünner; die Epitelzellen füllen sich mit Fettmolekeln und zerfallen, sammt dem Blutgerinnsel, um schliesslich aufgesaugt zu werden. Gleichzeitig bildet sich Bindegewebe im Innern des Follikels. Letzterer ist nach längerer Zeit ganz geschwunden, d. h. die Stelle gleicht dem gewöhnlichen bindegewebigen Stroma des Eierstocks.

Die Follikel heissen in gewissen Stadien dieser Rückbildung: **gelbe Körper**, wegen der in den Epitelzellen angehäuften gelblich gefärbten Fettmolekeln. Man unterscheidet übrigens die **falschen** gelben Körper, welche nach jeder Menstruation entstehen und nach **Bischoff** nach 6 — 10 Wochen ver-

schwinden, von den wahren, auf welche eine Schwangerschaft folgt. Die Rückbildung dieser beginnt erst viel später und dauert mehrere Monate hindurch.

509. Menstruation.

Die Abstossung des Eichens ist begleitet von einer Reihe von Erscheinungen in den weiblichen Genitalien und dem übrigen Organismus. Wir betrachten hier bloss die ersteren. Die Schleimsekretion nimmt, namentlich auch in der Scheide zu; die Genitalien werden blutreicher, wärmer; viele Capillargefässe, vorzugsweis der Uterusschleimhaut, bersten und ergiessen ihren Inhalt nach aussen. Die Menstrualblutung dauert 2—5 Tage; die Menge des Ergossenen beträgt etwa 100 bis 200 Gramme. Während der Schwangerschaft und Lactation hört die Menstruation fast immer auf.

Der Blutabgang ist demnach nur ein Symptom einer tiefer eingreifenden Veränderung des weiblichen Organismus, welche als Analogon der Brunst der weiblichen Thiere aufzufassen ist (Bischoff). Bei manchen Säugethieren ist die Brunst von einigem Blutabgang aus der Scheide begleitet. Die wichtigsten Analogieen beider Erscheinungen sind:

1) Sie treten periodisch auf: beim menschlichen Weib alle 4 Wochen, bei den Thieren im freien Zustand ist die Brunstzeit abhängig von den Jahreszeiten. 2) Es werden Eichen abgestossen. Dieser Abgang erfolgt durchaus spontan, ohne dass eine Begattung nothwendig ist, wie die Corpora lutea in Jungfrauen und noch besser direkte Erfahrungen an, von Männchen getrennten Säugthierweibchen beweisen, in deren Tuben Bischoff ausgetretene Eichen fand. Dieses schliesst übrigens nicht aus, dass die Begattung die Reifung oder selbst Abstossung der Eichen, durch stärkeren Säftezufluss nach den inneren Genitalien, einigermaassen begünstigen könne und dass auch im gesunden Weib Menstrualblutungen nicht selten vorkommen können, während und nach welchen es nicht zur Ei-Abstossung kommt. 3) Die Thiere zeigen bloss während der Brunstzeit Begattungstrieb; dieser ist auch beim menschlichen Weib grösser nach der Menstruation.

510. Sperma.

Das specifische Secret des Hodens ist erst in dem Ausführungsgang der Drüse: dem Samenleiter vollständig ausgebildet. Dasselbe besteht aus einer sehr sparsamen Grundflüssigkeit und den sog. Samenfäden, an welchen man einen dicken Körper und einen langen, dünnen Faden unterscheidet (die Beschreibung dieser Gebilde und ihre Unterschiede in der Thierreihe u. s. w. s. in den Lehrbüchern der mikroskopischen Anatomie). Der ejakulirte Same, welcher beträchtliche, nach Menge und Beschaffenheit aber nicht näher gekannte Beimischungen aus der Prostata, den Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen führt, ist nahezu farblos, schwach alkalischreagirend, viel schwerer als Wasser, von specifischem Geruch und ziemlich zähflüssig (nach der Ejaculation gelatinirt die Masse), nach Vauquelin etwa 10% fester Bestandtheile enthal-

tend (für den unvermischten Samen des Ochsen giebt Kölliker 18% an). Unter diesen sind hervorzuheben, ein (beim Kochen nicht gerinnender) Eiweisskörper; Fette und der sehr bemerkenswerthe Gehalt an Mineralbestandtheilen (nach Frerichs schwefelsaure, Chlor- namentlich aber phosphorsaure Verbindungen von Alkalien und Erden). Nach dem Einäschern zeigen die Samenfäden sogar noch ihre charakteristischen Formen (Valentin).

511. Samenbildung.

Bei keiner anderen Secretion ist die Betheiligung der sog. Epitelzellen, welche die Grundmembran der Drüsenkanäle auskleiden, so auffallend wie bei der Samenbereitung (Wagner, Kölliker). Die Samenkanälchen des Hodens sind erfüllt von zahlreichen kernhaltigen Zellen, den Vorläufern der Samenfäden. Der Zellenkern treibt an einem Ende einen fadenförmigen Ausläufer hervor, während er selbst sich streckt und zum Körper des Samenfadens wird. Die Zellmembran geht nachträglich zu Grunde, so dass schon im Nebenhoden, namentlich aber im Vas deferens, die Samenfäden ganz frei geworden sind.

In der Thierwelt wird der Samen nur während der Brunstzeit bereitet; beim zeugungsfähigen Menschen dagegen ist die Secretion an keine bestimmte Zeit gebunden, doch zeigt ihre Stärke auch in demselben Individuum bedeutende Schwankungen. Samenfisteln zur genaueren Bestimmung der Secretionsgrösse, scheinen wegen dem engen Lumen des Vas deferens der Thiere nicht ausgeführt werden zu können. Im Verhältniss zur Grösse des Organes ist die Secretmenge jedenfalls sehr gering; dem entspricht auch der geringe Blutreichthum des Hodens. Bei mangelnder Samenentleerung kann möglicherweis die Resorption des gebildeten Samens relativ nicht unbedeutend sein (die Lymphgefässe des Hodens wenigstens sind stark entwickelt); hierüber, sowie über den Zerfall der Samenfäden, fehlen aber genauere Angaben.

Direkte Einflüsse des Nervensystems auf die Secretion (der Hoden erhält nur sparsame Nerven vom Plexus spermaticus internus) sind nicht nachgewiesen. Befördert wird die Samenbildung in der Wärme (namentlich auch beim Warmhalten der Beckengegend), bei ruhiger Lebensweise, reichlicher, üppiger Nahrung (gewisse Gewürze gelten von jeher als Aphrodisiaca) und entsprechender Richtung der Phantasie. Mehrere dieser Einflüsse setzen jedenfalls eine stärkere Blutzufuhr zu den Hoden.

Die Beziehungen zwischen der Samenbereitung, resp. Genitalienentwickelung in der Pubertätszeit sowie in der Brunstperiode namentlich der höheren Thiere, zu anderweitigen körperlichen und selbst psychischen Zuständen sind sehr mannigfaltig, aber keiner Erklärung fähig. Von eingreifenden somatischen und psychischen Wirkungen ist die Wegnahme der Hoden, wie in früher Jugend kastrirte Menschen und Thiere beweisen.

512. Bewegungen der Samenfäden.

Im reinen Secret verhalten sich die Samenfäden vollkommen oder doch nahezu ruhig; wogegen sie, was für ihre Funktion von Wichtigkeit ist, in lebhafte

Bewegungen gerathen nach vielen Zusätzen zum Samen. Diese Bewegungen bestehen in Schlängelungen des Fadens, wodurch der Körper eine Vorwärtsbewegung erhält. Wegen der scheinbaren Willkürlichkeit dieser Ortsveränderungen wurden diese Gebilde seit ihrer Entdeckung durch Hammen und Leeuwenhoek als Samenthierchen bezeichnet; in neuester Zeit (namentlich auch nach der Entdeckung analoger Bildungen in vielen kryptogamischen Gewächsen) betrachtet man den Vorgang als einen Fall von Wimperbewegung. In der menschlichen Leiche kann die Beweglichkeit der Fäden 1 Tag und darüber erhalten bleiben; im entleerten Samen unter Umständen sehr viel länger, so namentlich in den weiblichen Genitalien (Bischoff). Thierische Flüssigkeiten von alkalischer Reaction und mässiger Concentration begünstigen die Bewegung; andere Flüssigkeiten, gewisse Concentrationen wiederum vorausgesetzt, verändern die Bewegung nicht; noch andere endlich namentlich auch zu diluirte oder concentrirte, heben die Bewegung auf. Doch kann die auf diese Weise vernichtete Bewegung durch Zusätze, die einen passenden Concentrationsgrad herstellen, wieder hervorgerufen werden (Kölliker).

B. Befruchtung.

513. Erection des Penis.

Der Penis besitzt drei erectile Apparate: die beiden Schwammgewebe des Penis und das mit einer vorderen (der pars glandulosa) und hinteren (pars bulbosa) Anschwellung versehene Schwammgewebe der Harnröhre. Jeder dieser Apparate besteht aus einem Netzwerk von Bälkchen, deren Reichthum an organischen Muskelfasern (Valentin, Kölliker) für die Erection besonders wichtig ist und aus zahlreichen, unter sich vielfach kommunicirenden Hohlräumen, die nichts anderes darstellen als Venensinuse. In den Bälkchen des Schwammgewebes verlaufen feine Arterien, welche zum Theil direkt, zum Theil durch eine Capillarität in die venösen Hohlräume münden, während andererseits ebenfalls enge Venen das Blut aus den Hohlräumen abführen. Von der Blutfüllung dieser letzteren hängt das Volum des Penis ab. Im Zustand der vollkommenen Erection ist das Glied vorzugsweis befähigt zum Coitus, es ist dann steif, blutreicher und wärmer, viel länger und dicker (nach Krause 4—5mal voluminöser) als gewöhnlich, und, entsprechend der Krümmung der weiblichen Scheide, concav nach der Bauchseite hin.

Der einleitende Vorgang der Erection ist jedenfalls eine bedeutende Vermehrung der arteriellen Blutzufuhr; die Arterien des Penis erweitern sich und klopfen sehr stark. Die Venen sind jetzt nicht mehr im Stande, das Blut entsprechend abzuführen, indem ihre Lumina namentlich da, wo sie die derbe Faserhaut (Albuginea) der Schwammkörper durchbohren, keiner Erweiterung fähig sind. Daraus folgt unmittelbar die Ausdehnung der venösen Hohlräume, welcher jedoch durch die Elasticität der Bälkchen und der Albuginea der Schwammkörper eine Grenze gesetzt ist. Ist letztere erreicht, so tritt ein Beharrungs-

zustand ein, d. h. es fliesst so viel Blut in die Schwammkörper als gleichzeitig aus denselben abfliesst. Sollten sich die Lumina der Venen absolut verringern, so müsste natürlich das Füllungsmaximum um so schneller erreicht werden. Manche verlangen klappenartig wirkende Vorrichtungen an der Austrittsstelle der Venen aus den Schwammkörpern; Mechanismen der Art sind aber nicht näher zu erweisen. Sicher ist übrigens, dass der auf ein gewisses Volum gebrachte Penis durch Contraction der M. m. ischio- und bulbo-cavernosi stärker gesteift werden kann; diese Muskeln unterstützen unstreitig die bereits vorhandene Erection hauptsächlich durch Hemmung der venösen Rückflüsse.

Das Schwammgewebe der Urethra und der Eichel ist viel weniger gesteift während der Erection als die Schwammgewebe des Penis; in letzterer ist die Albuginea viel derber, sowie auch der venöse Rückfluss aus denselben schwieriger erfolgt. Die grössere Unnachgiebigkeit der Dorsalfläche der Albuginea der Schwammkörper ist ein Unterstützungsmittel der Aufrichtung des Gliedes.

Die Betheiligung der in den Bälkchen der Schwammgewebe enthaltenen organischen Muskelfasern an der Steifung bietet der Erklärung mancherlei Schwierigkeiten. Die active Contraction derselben könnte dem Blut in den ausgedehnten venösen Hohlräumen einen stärkeren Spannungsgrad mittheilen, den Penis also härter machen, eine Wirkung, die vorzugsweis dann möglich wäre, wenn das Blut der Hohlräume von der Circulation vollständig abgeschlossen werden könnte. Manche nehmen wenigstens eine totale Hemmung des venösen Abflusses an und demgemäss einen dem arteriellen Blutdruck gleichkommenden Spannungsgrad des Blutes der Hohlräume.

Die den männlichen analog gebauten aber viel kleineren und functionell weniger wichtigen erectilen Apparate (Corpus cavernosum clitoridis und Bulbus vestibuli) des Weibes gerathen in Steifung durch dieselben Veranlassungen wie beim Manne.

514. Begattung.

Der physiologische Zweck der Begattung ist die Ueberführung des Samens in die weiblichen Geschlechtstheile. Der Penis füllt dabei die Scheide vollständig aus und die Friction dieser Theile wird unterstützt durch die Anschwellungen der sehr blutreich gewordenen Falten der Scheide und der Schwammkörper der weiblichen Geschlechtstheile, sowie durch die Zusammenziehung des Constrictor vaginae selbst. Die Sekretion der Fettdrüsen der kleinen Schaamlippen, namentlich aber der Schleimdrüsen der Scheide ist bedeutend gesteigert. Wegen der Enge der Scheide und der, mit etwas Blutung verbundenen, Zerreissung des Hymen's wird die erste Begattung schmerzhaft. Die Wollustgefühle der Frau rühren her sowohl von der, durch die Friktion verursachten Erregung der sensibelen Nerven der Vagina, Clitoris und Innenfläche der kleinen Schaamlippen, als auch von reflectorischen Muskelcontraktionen (Constrictor vaginae und die, den Schenkeln der Clitoris angehörenden M. m. ischio-cavernosi, und (?) Muskelfasern der Bartholini'schen Drüsen). Im Manne werden sie verursacht wiederum von den sensibelen Nerven der Penishaut und Eichel, und gewissen Genitalmuskeln, namentlich den organischen Muskelfasern der Vasa deferentia, Samenbläschen u. s. w. Das Wollustgefühl bei der Ejaculatio seminis im Schlaf, sowie die analogen Empfindungen bei erotischen Träumen des Weibes deuten schon darauf hin, dass hier Muskelgemeingefühle vorzugsweis eingreifen.

515. Ejaculatio seminis.

Zur Fortleitung des Samens dient die Peristaltik des, mit einer mächtigen Schicht organischer Muskelfasern versehenen Vas deferens; Virchow und Kölliker erhielten starke Zusammenziehungen desselben an Hingerichteten nach elektrischer Reizung. Im Nebenhoden kann — abgesehen von den noch fraglichen Wirkungen der Muskulatur des Hodensackes — die Flimmerbewegung unterstützend wirken. Die Samenbläschen werden zum Theil von einer Muskelhülle umschlossen; sehr reich an organischen Muskelfasern ist nach Kölliker die Prostata.

Während der Begattung füllt sich die Harnröhre langsam mit dem, durch die Secrete der Prostata, Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen verdünnten Samen. Die Ausspritzung des Samens aus der Harnröhre geschieht mit einer ziemlichen Kraft und zwar vorzugsweis durch die, in heftige stossweise Contractionen gerathenden Musculi bulbo-cavernosi, welche die untere Wand des Bulbus urethrae heben und die Urethra selbst zusammendrücken. Während dem rücken schnell neue Massen aus den Samenleitern und den zahlreichen Mündungen der Prostata nach, die alsbald ejaculirt werden.

Die von Wilson beschriebenen, von der Symphyse zur Pars membranacea urethrae gehenden Muskelfasern erleichtern wahrscheinlich, indem sie den genannten Theil der Urethra erweitern, das Nachrücken neuer Massen. Der Sphincter urethrae, sowie die von Guthrie aufgefundenen Muskelfasern, die, von der Pars descendens ossis pubis aus, über und unter der Pars membranacea urethrae verlaufen, unterstützen jedenfalls die Ejaculation.

Der Verschluss der Harnblase, also die Abhaltung des Urines, wird besorgt durch den Sphincter vesicae und den, von Kobelt nachgewiesenen Schwammkörper des Schnepfenkopfes, eine Fortsetzung des Schwammkörpers des Bulbus urethrae; indem der Schnepfenkopf bei der Erection anschwillt, wird das Lumen der Harnröhre geschlossen.

Die Samenbläschen dienen nicht bloss als Behälter des Samens, sondern sie liefern ein eigenthümliches fadenziehendes Secret. Von ähnlicher Beschaffenheit ist der Prostatasaft. Indem diese Beimischungen das Volum des Samens bedeutend vermehren und die Harnröhre ausdehnen, gestatten sie den Muskeln kräftige drückende Wirkungen auf den Inhalt der Harnröhre und erleichtern damit die Spannung der ejaculirten Massen. Speciellere Beweise für die sehr nahe liegende Annahme einer chemischen Wirkung dieser Secrete auf die Samenfäden fehlen; ja man glaubt selbst dagegen anführen zu können, dass auch die Castraten Samenbläschen von gewöhnlicher Grösse zeigen.

Die Ejaculation ist eine Reflexbewegung. Reizungen des unteren Lendentheils des Sympathicus oder des unteren Rückenmarkes selbst, bewirken Bewegungen des Samenleiter's (meist vom Hoden gegen das Samenbläschen) und selbst Samenerguss. Im Kaninchen ist nach Budge eine bestimmte Stelle des Rückenmarkes, in der Höhe des 4. Lendenwirbels, das Centrum dieser Bewegungen,

nach deren Ansprache Contractionen des unteren Mastdarmes, der Blase und der Samenleiter eintreten.

516. Specialbedingungen der Befruchtung.

Die Befruchtung ist entweder eine äussere: das Männchen ergiesst den Samen auf die gelegten Eier; oder sie ist (unter anderem bei den höheren Wirbelthieren) eine innere: der Samenerguss erfolgt während der Begattung in die weiblichen Geschlechtstheile. Die erstere, welche durch keine Nebenvorgänge verdeckt wird, leitete schon Swammerdam auf richtige Ansichten über das Verhältniss des Eies zum Samen; doch erst Spallanzani hat unbestreitbar gezeigt, dass der materielle Contact des Samens und Eies eine wesentliche Grundbedingung der Befruchtung bildet. Beweise: 1) die Unwirksamkeit der Begattung nach Unterbindung der Tuben; 2) die sog. künstlichen Befruchtungsversuche. Froschlaich mit der Hodenflüssigkeit der Frösche zusammengebracht, entwickelt sich weiter. Spallanzani befruchtete eine Hündin mittelst Einspritzens von Samen in ihre Genitalien.

Unentbehrlich sind die Samenfäden. 1) Spallanzani suchte durch Filtration die Samenflüssigkeit von den Fäden zu trennen. Je mehr Filter angewandt wurden, desto stärker nahm die Befruchtungskraft des Filtrates ab; es gelang selbst vollständig unwirksame Filtrate herzustellen, während der Rückstand auf dem Filter in hohem Grad wirksam war. 2) Die Hodenflüssigkeit ausserhalb der Brunstzeit enthält keine entwickelten Samenfäden; sie ist nicht befruchtungsfähig. 3) Bastardthiere sind häufig unfruchtbar; in ihrem Samen fehlen dann die Fäden.

Die Samenfäden dringen, wie zuerst Newport, später Barry, Meissner und Bischoff zeigten, unter lebhaften Bewegungen, mit dem dicken Theil voran, in die Zona pellucida ein, um in der Dottermasse ohne Zweifel später zu zerfallen. Das Eindringen geschieht entweder 1) an jedem beliebigen Ort (z. B. in den Säugethieren) oder 2) durch Löcher der Zona pellucida, die sog. Mikropylen, namentlich dann, wenn die Zona einen derberen Bau besitzt (Insekten, Eingeweidewürmer). Sind die Fäden bewegungslos geworden, so hat der Same seine befruchtende Kraft verloren. Zur Befruchtung für ein Ei reichen sehr wenige Samenfäden vollkommen hin, wie sowohl direkte Beobachtungen Meissner's und v. Siebold's an Bieneneiern u. s. w. beweisen, als die ungeheure Zahl von zu befruchtenden Eiern in vielen Fällen von äusserer Befruchtung (bei Fischen z. B.) und endlich die Versuche Spallanzani's mit (um das 10 bis 20 Tausendfache) verdünntem Samen.

Dass auch das Ei eine gehörige Beschaffenheit haben muss, versteht sich von selbst; unreife Eier sind nicht entwicklungsfähig.

Eine Theorie der Befruchtung fehlt durchaus; auf die hier aufgestellten Vermuthungen kann nicht eingegangen werden; dieselben reichen nicht hinaus über die Annahme entweder specifischer Naturkräfte, oder allgemeiner und darum unbefriedigender Analogien mit anderweitigen chemischen u. s. w. Vorgängen. Die in den nächstfolgenden Paragraphen mitzutheilenden Thatsachen führen zwar nicht auf eine

Deutung der inneren Vorgänge der Befruchtung, doch sind sie immerhin geeignet, unsere Anschauungen etwas zu erweitern über die wechselseitigen Beziehungen des männlichen und weiblichen Zeugungsstoffes.

517. Ort und Zeit der Befruchtung.

Vermöge der Stempelwirkungen des Penis und der Kraft der Ejaculation dringt jedenfalls etwas Samen sogleich in den Muttermund ein. Schon vielfach hat man eine saugende Wirkung des Uterus angenommen; die betreffenden Mechanismen sind aber weder näher nachweisbar, noch sind sie irgendwie nöthig. Ein Theil der Samenflüssigkeit wird wohl aufgesaugt im Uterus; die Samenfäden aber rücken weiter gegen den Eierstock, wo sie Bischoff bei einer Hündin schon 20 Stunden nach der Begattung angetroffen hat Das Fortrücken wird besonders bedingt durch die Bewegungen dieser Gebilde; vielleicht auch durch die Peristaltik des Uterus und der Tuben (die in Hunden und Kaninchen z. B. sehr lebhaft ist); nicht aber durch die Wimperbewegung der Schleimhaut, denn die Richtung dieser geht, wie Purkinje und Valentin zeigten, von Innen nach Aussen, sodass sie nur zur Fortbewegung des Menstrualblutes und der Eichen dienen kann.

Aus der (sehr seltenen, von Manchen sogar angezweifelten) Eierstocksschwangerschaft, in welcher die Weiterleitung des aus dem Graaf'schen Follikel ausgetretenen Eies durch die Tuben gestört ist, schloss man schon längst, dass der Same auch im Menschen bis zum Eierstock dringe. Letzterer ist höchst wahrscheinlich der gewöhnliche Ort der Befruchtung. Erfolgt der Coitus erst einige Zeit nach Ablösung des Eichens, so ist die Tuba die Stelle, wo die Zeugungsstoffe sich begegnen. Nach Coste dagegen gehen die Samenfäden in der Tuba am Ei vorbei, ohne in dasselbe einzudringen. Das Eichen scheint nur langsam durch die Tuba fortbewegt zu werden. Im Uterus selbst findet nie die Befruchtung statt. Die Fimbrien der Tuba schwellen an, richten sich auf und umfassen den Eierstock zur Aufnahme des Eies.

In den ersten Tagen nach der Menstruation ist die Conceptionsfähigkeit am grössten; das Eichen ist so eben ausgestossen worden. Aber zu jeder Zeit zwischen zwei Menstruationen kann, wenn auch weniger leicht, Befruchtung erfolgen. Um Letzteres zu erklären, sind verschiedene Annahmen möglich: 1) die Ausstossung des Eies könne unter Umständen der Menstrualblutung erst ziemlich spät nachfolgen, sodass der Same immer ein frisches Ei treffe. Statt dieser, heute wenig begünstigten Ansicht, macht man aufmerksam entweder 2) auf die Tenacität des Eies, das 1 bis 2 Wochen und selbst noch länger nach seiner Ausstossung befruchtungsfähig bleiben solle, oder 3) man nimmt an, der Same befruchte erst ein Eichen der nächsten Menstrualperiode. Jedenfalls besitzt auch der Same eine beachtenswerthe Tenacität; 6—8 Tage nach der Begattung sind noch bewegliche Samenfäden in der Tuba von Hündinnen und Kaninchen.

Ist die zweite Ansicht allein gültig, so müsste die Conceptionsfähigkeit immer mehr abnehmen bis zur neuen Menstrualperiode; greift auch die dritte Möglichkeit in erheblichem Grade ein, so könnten die Chancen eines fruchtbaren Coitus etwa in der 4. Woche des Menstruationsintervalles sogar wieder grösser sein als in der 3.

518. Mehrfache Befruchtung.

Im menschlichen Weib tritt während einer Menstrualperiode in der Regel nur ein Eichen aus. Eine Zwillingsgeburt kommt auf etwa 80—90 einfache Geburten; Drillinge kommen unter 6000—7000, Vierlinge unter ungefähr 100,000 Geburten einmal vor. Glaubhafte Beispiele, dass eine Frau mehr als Sechslinge geboren habe, sind nicht bekannt.

Die Statistiken zeigen schon bei den Zwillingsgeburten erhebliche Schwankungen; in wärmeren Ländern, namentlich in Südafrika, sollen Zwillinge häufig sein. Zwillinge können von zwei verschiedenen Eichen, oder von einem Ei mit doppeltem Dotter herrühren. Die Durchschnittszahl der Conceptionen des menschlichen Weibes beläuft sich auf $4\frac{1}{2}$; doch giebt es auch Einzelfälle von mehr als 20 Entbindungen.

Unter Nachempfängnisss versteht man jede weitere Empfängniss während der Dauer einer Schwangerschaft und unterscheidet:

I) Ueberschwängerung: Zwei Eier, die während derselben Menstrualperiode gereift sind, werden durch verschiedene Begattungen befruchtet. Eine Stute z. B. brachte ein Pferdefüllen und ein Maulthier gleichzeitig zur Welt. Auch sind einzelne Fälle bekannt geworden, dass menschliche Weiber zwei Kinder verschiedener Racen gebaren.

II) Ueberfruchtung (Superfötation). Die Befruchtung erfolgt erst in einer späteren Periode der Schwangerschaft: dem 2. oder 3. Monate. Bei der Abnormität des doppelten Uterus kann die Möglichkeit einer Ueberfruchtung nicht geläugnet werden, obschon die Chancen eines fruchtbaren Coitus schon desshalb sehr gering sind, weil während der Schwangerschaft die Reifung der Eierstockseier gewöhnlich sistirt.

Die Eihäute und der, den Kanal des Mutterhalses verstopfende Schleimpfropf setzen beim einfachen Uterus ein absolutes Hinderniss gegen die Ueberfruchtung. Bezüglich der weiteren Discussion dieser Verhältnisse und der Erklärungsarten der Thatsache, dass Mütter zwei Früchte von sehr ungleicher Entwickelung gleichzeitig, oder zwei Früchte in 2 weit auseinander (selbst mehrere Monate) liegenden Terminen gebaren u. s. w., Fälle, die Kussmaul in jüngster Zeit einer Revision unterworfen hat, wird auf die Lehrbücher der Geburtshülfe verwiesen.

519. Bastarde.

Eine unerlässliche Bedingung der Befruchtung und der Erzeugung einer fortpflanzungsfähigen Nachkommenschaft ist, dass das männliche und weibliche Individuum derselben Species angehöre; die Naturgeschichte rechnet bekanntlich zu einer und derselben Art (höherer Thiere und Pflanzen) alle diejenigen Individuen, welche sich fruchtbar vermischen und fruchtbare Nachkommen erzeugen. Jedoch können auch nahe verwandte Arten desselben Genus sich wirksam begatten; es entstehen dann Mittelformen: die Bastarde (Blendlinge), welche Eigenschaften beider Elternspecies in sich vereinigen, manchmal mehr die der Mutter, in andern Fällen vorzugsweis solche des Vaters. Bastardbildungen kommen vor z. B. zwischen Pferd, Esel, Zebra — Hund, Wolf, Fuchs — Löwe, Tiger — Gans, Schwan — verschiedenen Fasanenarten — Karpfe, Karausche — u. s. w. Die Bastarde (von den pflanzlichen sehen wir ab)

sind aber unter sich immer steril, dagegen ist fruchtbare Begattung möglich zwischen ihnen (wenigstens den Bastardweibchen) und Individuen ihrer Elternarten; die Nachkommenschaft schlägt aber immer zurück in den Typus der Elternspecies. Diese Verhältnisse sind von fundamentaler Bedeutung für die organische Natur, indem sie der Veränderlichkeit der organischen Formen eine Grenze setzen. Die Menschheit gehört, obiger Definition gemäss, einer einzigen Species an, da die verschiedenen Menschenracen sich unter einander fruchtbar vermischen. Viele Naturforscher stellen allerdings die Strenge dieser Unterscheidungen in Abrede und geben keine absoluten, vollständig stichhaltigen Unterschiede zu zwischen Art einerseits, sowie Racen und Varietäten andererseits. Je verwandter zwei Species nach Formen, Funktionen und sonstigen Lebensbedingungen sind, desto leichter gelingt die Bastardbildung. Die Zähmung ist ebenfalls ein wesentliches Unterstützungsmittel.

Die Unfruchtbarkeit der Bastarde ist bedingt durch die geringere Entwickelung ihrer Genitalien. Am Auffallendsten ist das an den Bastardmännchen, deren Samen wegen Mangels an ausgebildeten Samenfäden befruchtungsunfähig ist. Aber auch die Eierstockeier der Bastardweibchen sind nach Wagner weniger ausgebildet; doch sind die Bastardweibchen unter Umständen, wie schon bemerkt, zur Fortpflanzung fähig. Befruchtungsversuche zwischen verschiedenen Thiergattungen schlagen immer fehl. Rusconi befruchtete Froschlaich mit dem Samen der braunen Kröte. Nur wenige Eier entwickelten sich etwas, niemals aber kam es zu ausgebildeten Embryonen.

520. Unterarten.

Jede Thierart zerfällt wiederum in mehr oder weniger Categorien erster, zweiter u. s. w. Ordnung: Unterarten (Racen) und Spielarten (Varietäten), die charakterisirt sind durch bestimmte Uebereinstimmungen der Formen und Funktionen, sowie durch die Bewahrung dieser Eigenthümlichkeiten von Generation zu Generation. Man unterscheidet:

I) Natürliche Unterarten (reine Racen). Die Ursprünge derselben sind durchaus dunkel. Man nimmt entweder an eine Entstehung aus einem wilden Urstamm, oder lässt sie sehr allmälig sich bilden durch lange Zeit fortdauernde äussere Einwirkungen, Klima, Boden, Nahrung, sonstige Lebensweise u. s. w. Nichts steht aber der Annahme entgegen, dass manche dieser sog. reinen Racen auf die erste, andere auf die zweitgenannte Weise entstanden seien. Letztere Entstehung bildet den Uebergang zu den:

II) Künstlichen Unterarten. Der Mensch hat die Pflanzen- und Thierwelt vielfach verändert und künstliche Unterarten erzeugt durch Paarung zwischen verschiedenen Racen derselben Species. Die Aufgabe ist, Thierformen zu bilden und zu erhalten, welche unter bestimmten mittleren Einflüssen (Klima, Fütterung u. s. w) gewissen, oft sehr einseitigen, gerade desshalb aber ökonomisch besonders werthvollen, Zwecken am Vollkommensten entsprechen sollen. Wie das gelang, zeigen die Ergebnisse der Thierzüchtung. Das mit hervorstechenden

Eigenschaften begabte, hochedle Pferd Englands ist ein Abkömmling einiger im 17. und 18. Jahrhundert eingeführter orientalischer Stuten. Ebenso sind durch Kreuzung zwischen spanischen Merinos und deutschen Landschafen und durch systematische Züchtung ihrer Nachkommenschaft die deutschen Merinostämme edelster Schafe entstanden. Das Schwein Englands (z. B. die Essexrace) mit seiner ungeheueren Fleisch- und Fetterzeugung bei verhältnissmässig geringem Futterverbrauch, ist entstanden aus Kreuzung des englischen Landschweines mit specifischen Racen der Südsee und der kleinen schwarzen Race der Küsten des Mittelmeers, besonders der neapolitanischen.

Die Resultate der Schweinezucht gehören zu den physiologisch merkwürdigsten Beispielen der Thierzüchtung. Das Schwein ist besonders verwerthbar zur Lösung wissenschaftlicher Fragen über Forterbung von Eigenschaften, weil man viel schneller Resultate erhält als bei anderen Hausthieren, namentlich aber, weil jede Geburt mehrere Geschwister bringt.

521. Vererbungsfähige Eigenschaften.

Es giebt wohl keine physiologische Eigenschaft der Menschen, Thiere und Pflanzen, welche nicht mehr oder weniger vererbungsfähig wäre; doch kann es nicht befremden, dass sich die sichereren Thatsachen namentlich auf gewisse, leicht in die Augen fallende, Charaktere des Körperbaues und einzelne hervorstechende Leistungen beziehen. Die folgenden sind vorzugsweis als erblich anerkannt: Körpergrösse und sonstige Eigenschaften der Körperconstitution (Magerkeit, Fettleibigkeit u. s. w.); Gesichtszüge: in einzelnen Familien sogar höchst auffallend; Pigmentirung der Haut, Farbe und sonstige Beschaffenheit der Haare (feine oder grobe; krause oder schlichte Haare; Neigung zum Ergrauen). Gleichfarbige Eltern erzeugen nach den Erfahrungen der Pferdsgegestüte sehr überwiegend Junge von derselben Farbe; der Erfolg ist besonders sicher, wenn dieselbe Farbe schon in mehreren Generationen vorkam. Ausserdem sind zu nennen Eigenthümlichkeiten der Muskeln, deren Stärke, Gebrauchsweise u. s. w.; Eigenschaften der Sinne (Feinheit, Schärfe); Fruchtbarkeit (bei der Rindvieh- namentlich aber der Schweinezucht werden mit Vortheil diejenigen weiblichen Thiere ausgewählt, die von besonders fruchtbaren Müttern abstammen); angeborene Missbildungen (überzählige Finger u. s. w., nicht aber zufällige Verstümmelungen); die Anlage zu bestimmten Krankheiten, zu hohem oder niedrigem Lebensalter. Auch die geistigen Vermögen gehören hieher; Talente für einzelne Künste und Wissenschaften, Temperamente, Leidenschaften, Neigung zu Geisteskrankheiten; auch halb-psychische Eigenschaften: Geberden, Gangweise, Handschrift u. s. w. können sich mehr oder weniger vererben. Doch ist andererseits nicht zu verkennen, dass die geistigen Eigenschaften auch in Beziehung auf ihre Fortpflanzung mehr dem Reiche der Freiheit angehören, als die des Körpers. Es kann nicht befremden, dass die Vererbungsfähigkeit geringer ist bei den complicirteren Funktionen und in der Thierreihe bei den hochentwickelten Organismen, welche sehr mannigfaltige Qualitäten bieten und den Einzelfunctionen einen grösseren Spielraum lassen.

522. Allgemeine Bedingungen der Vererbung.

Die Forterhaltung bestimmter Eigenschaften von Generation zu Generation ist bedingt durch folgende Momente: I) Aeussere Einflüsse (Fütterung, Lebensweise u. s. w.), die sog. »Haltung« der Thierzüchter. Bei schlechter Haltung verschwinden wirthschaftlich wichtige Eigenschaften; selbst zoologische Charaktere werden verändert. Ungleich wichtiger ist aber:

II) der Zeugungsakt selbst. a) Am grössten ist der Einfluss der Eltern auf die Nachkommen; er nimmt ab in aufsteigender Linie. Die Thierzüchter schlagen (freilich ziemlich willkürlich bei den sie interessirenden, oft nicht einmal messbaren Eigenschaften) den Einfluss der Eltern doppelt so gross an, als den der Grosseltern, vierfach so gross als den der Urgrosseltern u. s. w. Es kann übrigens auch eine Generation ganz oder theilweis übersprungen werden, sodass die Enkel den Grosseltern, nicht aber den Eltern gleichen. Für die gewöhnlichen praktischen Zwecke der Züchtung genügt die Verfolgung von etwa 4 bis höchstens 6 Generationen rückwärts, welchen gegenüber der Einfluss der noch älteren Generationen wohl verschwindend klein wird. Aus der Paarung von Weissen und Negern entstehen Mulaten, aus der von Weissen und rothen Amerikanern die Mestizen; diese Mischformen verschwinden, wenn sie immer nur mit Individuen einer ihrer Elternrace sich kreuzen, erst ungefähr in der 5. oder 6. Generation.

b) Was den Antheil beider Eltern betrifft, so stehen die Abkömmlinge im Allgemeinen in der Mitte zwischen denselben. Die Bastarde bieten hier die auffallendsten Beispiele. Es scheint, dass dieses Gesetz um so mehr gelte, je grösser die Differenz zwischen beiden Erzeugern ist. In anderen und dazu ziemlich zahlreichen Fällen folgt dagegen das Kind mehr dem einen Theil der Eltern; diese Präponderanz ist entweder beständig, oder einige Kinder gleichen mehr dem Vater, andere mehr der Mutter. Früher hat man mit Unrecht häufig den Einfluss der Mutter viel höher angeschlagen als den des Vaters.

523. Constanz der Unterarten.

Die Sicherheit der Vererbung der wirthschaftlich wichtigen Eigenschaften der Thiere ist eine Frage von erster Bedeutung für die Thierzucht. Bei vorsichtiger Züchtung, vor allem durch Verwerfung unbrauchbarer, aus der Race schlagender Individuen, können hier ziemlich sichere Erfolge erzielt werden. Die reinen Racen sind, nach der Ansicht von Mentzel, Weckherlin u. A. ausgezeichnet durch relativ höhere Vererbungsfähigkeit ihrer Eigenschaften und ungleich grössere Widerstandskraft gegen äussere Einflüsse als die künstlichen Racen. Die Gegner, Nathusius u. A., läugnen dieses und behaupten, die Sicherheit oder Unsicherheit der Vererbung der Eigenschaften der Elternthiere hänge durchaus nicht ab von der Reinheit oder Gemischtheit ihrer Abstammung. Eine sog. künstliche Race vererbe ebenso zuverlässig ihre Eigenschaften als die sog. reinen; z. B. der deutsche Merinobock schon von der 3. oder 4. Kreuzung an.

Auf den für die Physiologie so interessanten Streit über die Constanz der Racen, den die rationellen Thierzüchter, zum Theil mit anerkennenswerthem physiologischem Wissen, gegenwärtig unter sich führen, kann hier nicht speciell eingegangen werden. Man hat sich, so glauben wir, zu hüten, einen jener beiden extremen Züchtungsgrundsätzen für den allein richtigen zu halten. Die Wahrheit scheint auch hier in der Mitte zu liegen. Die Annahme einer gewissen Praeponderanz der reinen Racen hat physiologisch allerdings etwas Verlockendes. Die Neger Amerika's, wenn sie sich auch in mancher Hinsicht geändert haben, bewahren doch ihren afrikanischen Typus in allem Wesentlichen; der kleine 200 Pfunde wiegende Pony der Shetlandsinseln und das zehnmal schwerere Zugpferd erhalten ihren Charakter unter den allerverschiedensten äusseren Bedingungen. Anderntheils muss aber zugegeben werden, dass unter den unendlich vielen Combinationen künstlicher Racen es nicht bloss solche mit geringer, sondern auch solche mit grosser Tenacität geben kann, die an Tüchtigkeit und Zweckmässigkeit, unter den Verhältnissen in denen sie leben, keiner reinen Race nachstehen dürften und deren Constanz gerade desshalb von Generation zu Generation einer immer grösseren Steigerung fähig sei. Der deutsche Merino z. B. ist heute ein edleres Thier als die spanische Urrace.

Vergleicht man die Thatsachen der Bastarderzeugung mit denen der Fortpflanzung der reinen und der künstlichen Racen, so kommt man jedenfalls zum Schluss, dass die Natur bei Weitem nicht so sorgt für die Erhaltung der Constanz der Unterarten, als für die Erhaltung der Arten. Auch hierin liegt eine tiefgreifende Einrichtung, welche das Bestehen der Art sichert, indem sie den Thieren möglich macht, sich veränderten äusseren Umständen — den plötzlich eintretenden, wie den sehr allmälig sich bildenden säcularen Aenderungen ihrer Existenzbedingungen — in der besten, unter Umständen sogar die Art selbst vervollkommnenden, Weise zu accommodiren.

524. Entwickelung nichtbefruchteter Eier.

In neuester Zeit sind einige Thatsachen aufgefunden worden, nach welchen selbst das Dogma: das Ei entwickele sich immer nur nach vorheriger Befruchtung, wenigstens bei gewissen Thiergattungen, einer Einschränkung bedarf. Das merkwürdigste Beispiel der Art bietet die Biene.

Der Bienenstaat besteht aus 1) einer Königin, einem vollkommenen Weibchen, der einzigen Eierlegerinn der Colonie, 2) den Arbeitsbienen, der sehr grossen Mehrheit der Population, Weibchen mit verkümmerten Eierstöcken und Begattungswerkzeugen; 3) Drohnen, den männlichen Bienen. Die Königin verlässt nur einmal in ihrem Leben den Stock, um sich zu begatten; sie kehrt zurück von ihrem Hochzeitsflug, versehen mit Samen, der hinreicht für ihr ganzes Leben, d. h. 3 oder 4 Jahre zur Ausübung ihres Generationsgeschäftes und zur Befruchtung von vielen Tausenden von Eiern. Der Samen selbst befindet sich in einem kleinen Behälter: der Samentasche, welche sammt den beiden Eileitern in den gemeinsamen Eiergang mündet. Soll ein vom Eierstock herabrückendes Ei befruchtet werden, so bedarf

es nur einer Beimischung eines Minimums, d. h. einiger wenigen Samenfäden, aus der Tasche; diese Eier werden Bienenweibchen (es hängt dann von der Fütterung der Larve ab, ob das Junge ein verkümmertes Weibchen oder eine Königin wird); diejenigen Eier dagegen, welche nicht befruchtet werden, entwickeln sich zu Männchen (Dzierzon, v. Siebold). Wird desshalb eine italienische Königin in einen einheimischen Bienenstock gesetzt, so entstehen Bastardköniginnen und Bastardarbeiter, aber italienische Drohnen. Auch folgt weiter, dass die Eier, welche von flügellahmen Königinnen gelegt werden, die den Stock nicht verlassen können und eine leere Samentasche haben, sich alle zu Drohnen entwickeln. Wegen dieses Legens entwicklungsfähiger Eier von Seiten jungfräulicher Thiere hat der Vorgang den Namen Parthenogenesis erhalten.

Die Parthenogenesis ist unter den Insekten wahrscheinlich ziemlich verbreitet; selbst die Pflanzenwelt bietet einzelne wenige Beispiele der Art (Naudin, A. Braun): die Coelebogyne ilicifolia und die Chara crinita. Das Verhältniss übrigens dieser Fortpflanzungsweise zu der gewöhnlichen der höheren Thiere ist noch nicht sicher festgestellt. Mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Keimkörner kann die Parthenogenesis nicht verglichen werden; die Keimkörner sind morphologisch verschieden von den Eiern und entwickeln sich unter allen Umständen spontan; während das Ei in den genannten Thierklassen sich, sowohl befruchtet als nicht befruchtet, entwickelt. Die Parthenogenesis ist nirgends die einzige Fortpflanzungsweise; in manchen Gattungen scheint sie unbeständig, so zu sagen zufällig zu sein, d. h. die Eier werden unter Umständen befruchtet, können sich aber auch entwickeln, wenn die Einwirkung des Samens unterbleibt. Bei andern Thieren dagegen ist die Parthenogenesis ein regelmässiger Vorgang; dann gehört die auf diese Weise erzeugte Nachkommenschaft dem einen, die durch Befruchtung erzeugte aber dem anderen Geschlechte an.

C. Geburt.

525. Schwangerschaft.

Während der Schwangerschaft bietet der gesammte Generationsapparat des Weibes grössere oder geringere anatomische und funktionelle Veränderungen. Die Menstruation hört auf. Die grössten Metamorphosen aber erleidet das Organ, welches den von den Eihäuten und dem Fruchtwasser umgebenen Fötus beherbergt, der Uterus. Derselbe nimmt, entsprechend dem Wachsthum des Fötus und der Menge des Fruchtwassers, allmälig an Volum zu, sodass am Ende der Schwangerschaft der Inhalt seiner Höle über 400 Cubikzolle (also 500—600 mal mehr als gewöhnlich) beträgt und der Gebärmuttergrund bis in die Gegend der Herzgrube aufgestiegen ist. Während der jungfräuliche Uterus eine Länge von gegen $2^3/_4$ und eine Breite von $1^1/_2$ Zollen zeigt, betragen am Ende der Schwangerschaft der Längsdurchmesser etwa 13 und die beiden andern Dimensionen ungefähr 9 Zolle. Von den Gestaltveränderungen des annähernd eiförmig gewordenen Organes sind besonders die der untersten Portion hervorzuheben, indem der, im jungfräulichen Zustand konisch in die Scheide ragende Mutterhals allmälig dadurch verstreicht, dass seine Wandungen in die des Mutterkörpers hineingezogen werden. Der Muttermund bildet dann ein rundliches

Grübchen. Die zum organischen System gehörende Muskulatur des Uterus entwickelt sich ausserordentlich, indem die vorhandenen Fasern dicker und länger werden, namentlich aber durch eine üppige Neubildung der Fasern (Kölliker). Auch die Muskulatur der Scheide erfährt eine Verstärkung. Die Lymph- und Blutgefässe nehmen bedeutend zu; die Arterien werden zahlreicher und dicker und die Venenlumina erweitern sich in hohem Grade; das im ungeschwängerten Zustand blutarme Organ ist jetzt sehr blutreich geworden.

526. Schwangerschaftsdauer.

Wenn der Fötus seine gehörige Reife erlangt hat, wird er ausgetrieben durch die Contraktionen des Uterus. Die mittlere Dauer der Schwangerschaft beträgt beim menschlichen Weibe ungefähr 40 Wochen (9 Sonnen- oder 10 Mondsmonate; 275—280 Tage). Fallen die pathologischen Verkürzungen dieses Termines vor den Ablauf der 26. Schwangerschaftswoche, so heissen sie Abortus; während die Frühgeburten zwischen der 26. und etwa 38. Woche liegen. In letzterem Falle (zwischen 26 und 30 Wochen jedoch nur ausnahmsweis) können die Kinder am Leben erhalten werden. Die Lebensfähigkeit ausgetragener Kinder ist natürlich grösser als die der frühgeborenen. Mechanische Erschütterungen, gewisse Medicamente, öfters vollzogener Beischlaf, Gemüthsbewegungen, örtliche Krankheiten des Uterus u. s. w. sind Veranlassungen dieser Anomalien. Die Verlängerungen des normalen Geburtstermines stellen die Spätgeburten dar, deren Vorkommen nach exacten Erfahrungen in Gestüten nicht bezweifelt werden kann, wenn auch über ihre Grenze beim menschlichen Weibe keine bestimmte Aussage gemacht werden kann. Auf 300 und mehrere Tage darüber kann in letzterem Fall die Schwangerschaft sich jedenfalls ausdehnen. Die Schwangerschaftsdauer bietet sehr grosse Unterschiede in der Säugethierreihe; immer aber geht die Entwickelung des Uterus parallel mit der des Fötus und das Organ gelangt in Contractionen, wenn es eine bestimmte Stufe erreicht hat. Der Organismus bewahrt aber auch hier noch mehr oder minder deutlich sein gewöhnliches typisches Verhalten, d. h. die Geburt erfolgt beim sonst regelmässig menstruirten Weibe, wenn dasselbe, wäre es nicht schwanger geworden, zum zehnten Mal menstruirt sein würde. Dieses typische Verhalten ist auch in den pathologischen Fällen nicht selten erkennbar, insofern der Abortus um die 8. und 12. Woche, die Frühgeburt um den 8. und 9. Mondsmonat mit grösserer Vorliebe eintritt.

527. Uterusnerven.

Die Nerven des Uterus sind vorzugsweis sympathischer Natur. Die Plexus uterini stammen aus dem oberen und unteren Plexus hypogastricus und erhalten ausserdem 1) direkt Zweige vom 3. und 4. Sacralnerven, 2) indirekt aber auch Nervenfasern von den Lumbal- und Sacralnerven. Es kann demnach nicht auffallen, dass man nach Valentin, Spiegelberg u. A. von verschiedenen Stellen der Nervencentren aus (namentlich Cerebellum, Medulla oblongata und

allen, namentlich den unteren, Portionen des Rückenmarks) durch Reizung Uteruscontractionen erhalten kann. Die Erfolge aber sind nicht sicher und der Charakter solcher Bewegungen (reflectorische ?) unbestimmbar. Der Bauchgrenzstrang des Sympathicus und die genannten Sacralnerven bilden die Zwischenbahnen zwischen Rückenmark und Uterus; Reizungen des unteren Lenden- und oberen Sacraltheils des sympathischen Grenzstranges lösen peristaltische Contractionen der Tuben und des Uterus aus und zwar im ungeschwängerten, wie im geschwängerten Zustande, in letzterem, namentlich gegen das Ende der Schwangerschaft, wo der Uterus zunehmend reizbarer wird, sodass z. B. schon Veränderungen des Blutlaufes in dem Organ, in Folge von Compression der Aorta, nach Spiegelberg dasselbe zu Contractionen bestimmen.

528. Uteruscontractionen.

Die Contractionen des Uterus zeigen die Charaktere der organischen Muskelbewegung: eine gewisse Langsamkeit, Unwillkürlichkeit und, während des Geburtsgeschäftes, einen bestimmten Rhythmus. Schwache vorübergehende Contractionen treten schon in den letzten Schwangerschaftswochen auf; während des Geburtsaktes, aber nehmen dieselben an Stärke, Dauer, Häufigkeit der Aufeinanderfolge und Schmerzhaftigkeit immer mehr zu. Die Schmerzen (Wehen) erreichen gewöhnlich einen hohen Grad; sie hängen vorzugsweis von der kräftigen Muskelspannung ab, wozu im späteren Geburtsverlauf noch die enorme Ausdehnung und Zerrung des Muttermundes, der Scheide und äusseren Genitalien hinzukommen. Die Contractionen beginnen am Muttergrund und schreiten von da aus peristaltisch nach abwärts; ehe aber die Contraction den Muttermund erreicht, folgt eine neue nach (Spiegelberg), und hat es nur den Schein, als ob das ganze Organ gleichzeitig und zwar in derselben Phase der Thätigkeit wäre. Wegen der dem Uterus entgegenstehenden Widerstände, wird derselbe bei jeder Wehe auffallend hart; ein Maass für diese Widerstände haben wir allerdings nicht; dass sie aber sehr gross sein müssen, ist unzweifelhaft, da die mechanische Arbeit des Geburtshelfers bei mancher Zangengeburt eine sehr bedeutende ist.

529. Beckendurchmesser.

Die hauptsächlichsten Widerstände für die fortzubewegenden Kindstheile bieten die knöchernen Wände des kleinen Beckens, von dessen Dimensionen die Drehungen der Kindstheile während der Geburt allein abhängen. Die Verbindungen zwischen den Schaam-, Hüft-, Kreuz- und Steissbeinen werden übrigens im Verlauf der Schwangerschaft allmälig nachgiebiger, worin ein nicht unwesentliches Unterstützungsmittel des Geburtsaktes liegt. Die auf diese Weise vergrösserten Durchmesser des kleinen Beckens können sogar in Folge wiederholter Geburten bleibend bestehen. Von grosser Wichtigkeit ist die Compressibilität der Kindstheile, namentlich aber die Verbindungsweisen der Schedelknochen, welche ein Uebereinanderschieben der Knochenränder und somit eine wirksame Verringerung der Schedeldurchmesser gestatten.

Man unterscheidet folgende Beckendurchmesser:

	Gerader.	Querer.	Schräge.
Beckeneingang.	Von der Mitte des Promontoriums des Kreuzbeines zum oberen Rand der Schaambeinfuge (sog. Conjugata).	Von der Mitte der Linea arcuata interna der einen Seite zu der der andern Seite.	Von der Symphysis sacro-iliaca zur Eminentia ileo-pectinea der andern Seite.
Beckenhöle.	Von der Mitte der Kreuzbeinaushölung zur Mitte der Schaambeinfuge.	Verbindungslinie zwischen den Böden der Pfanne.	Von der Mitte der Incisura ischiadica superior zur Mitte des unteren Randes des horizontalen Astes des Schaambeines.
Beckenausgang.	Von der (nachgiebigen) Steissbeinspitze zum unteren Rand der Schaambeinfuge.	Die Gerade von einem Sitzbeinknorren zum andern.	Von der (nachgiebigen) Mitte des Ligam. sacrotuberosum zur Synostosis pubo-ischiadica anderseits.
Beckeneingang.	4 Zolle 3 Lin.	5 Zolle.	4 Zolle 8 Lin.
Beckenhöle.	4 Z. 6 L.	4 Z. 3 L.	5 Zolle.
Beckenausgang.	variabel 3 Z. 4 L. — 4 Z. 3 L.	4 Z.	variabel etwa 4 Zolle.

530. Fortbewegung des Kindes.

Der Fötus nimmt im Uterus einen möglichst geringen Raum ein; Beine und Arme sind angezogen; die Hände ruhen am Gesicht, der Kopf ist gegen die Brust vorwärts geneigt. Die Lage des Fötus ist eine solche, dass seine Längsaxe mit der Längsaxe des Uterus zusammenfällt. Auf 100 solcher Längslagen kommt etwa 1 Schieflage (Querlage), eine Anomalie, welche die Austreibung des Fötus sehr erschwert oder geradezu unmöglich macht. Die Längslagen selbst zerfallen, je nach dem, zur Geburt sich stellenden Kindstheil in I) Kopflagen (und zwar Schedellagen und die sehr seltenen Gesichtslagen), 94—95% aller Geburten und II) Beckenendlagen etwa 4%, in welchen der Steiss, oder die vor dem Steiss herabtretenden Füsse, oder (ausserordentlich selten) die Kniee vorliegen.

Bei den Schedellagen ist die Pfeilnaht parallel dem Querdurchmesser des Beckeneinganges; wegen der starken Vorwärtsneigung des Uterus aber steht diejenige Kopfseite tiefer, welche der vorderen Beckenwand zugekehrt ist. Man unterscheidet zwei solcher Lagen; die Häufigkeit der ersten verhält sich zur

zweiten wie 3 : 1. Bei der ersten Schedellage liegt das rechte Scheitelbein, als der am tiefsten stehende Kindstheil, an der vorderen Beckenwand und der Rücken des Kindes ist nach der linken Seite der Mutter (und zugleich etwas nach vorn) gekehrt; bei der zweiten Schedellage liegt das linke Scheitelbein vor, während der Rücken des Kindes der rechten Seite der Mutter zugewandt ist.

Der Durchtritt des Kindes durch die Geburtswege gehorcht einem einfachen Gesetz: der grösste Durchmesser der einzelnen Kindestheile liegt jeweils in dem grössten Durchmesser des betreffenden Beckenquerschnitts; jene sind beim Schedel der gerade ($4^1/_2$ Zolle), beim Gesicht der longitudinale, bei Schultern und Hüften die queren ($4^1/_2$ und $3^3/_4$ Zolle) Durchmesser. Bei der Schedellage z. B. steht der Kopf mit seinem geraden Durchmesser 1) am Beckeneingang in dem queren, oder in der Mitte zwischen dem queren und schrägen Durchmesser, 2) in der Beckenhöle in dem schrägen Durchmesser, wobei das Hinterhaupt der Schaambeinfuge zugekehrt ist; 3) im Beckenausgang im geraden Durchmesser. Die Kindstheile vollführen somit auf diesem Weg eine schraubenförmige Bewegung ($^1/_4$ eines Umganges), wobei die an der vorderen Beckenwand anlagernden einen kleinen, die an der hinteren Beckenwand vorbeigehenden einen grossen Raum beschreiben.

531. Geburtsperioden.

Der Geburtsakt, der in etwa 6—12 Stunden vollendet ist, wird vom physiologischen Standpunkt aus am Naturgemässesten in bloss 3 Perioden getheilt (Denman, Burns, Kilian u. A.). Die meisten deutschen Praktiker stellen deren 5 auf.

I) Eröffnung des Uterus (Vorbereitungsperiode). Mehrere Stunden, ja selbst Tage, vor dem Eintreten deutlicher Wehen, sind schwache, noch nicht eigentlich schmerzhafte, Contractionen, verbunden mit stärkerer Sekretion von Vaginalschleim, vorhanden. Bei Erstgebärenden ist der Muttermund noch geschlossen, bei Mehrgebärenden aber öffnet er sich bereits etwas.

Die nunmehr eintretenden kräftigeren Contractionen, mit denen der eigentliche Gebärakt beginnt, eröffnen nach und nach den Muttermund; während jeder Wehe treten die Eihäute in Form einer Blase hervor, welche durch das Fruchtwasser stark gespannt wird. Endlich berstet bei einer starken Wehe die Blase und es fliesst der zwischen ihr und dem Kopf befindliche Theil des Fruchtwassers ab, während der übrige grössere Theil noch zurückbleibt. Auf den Blasensprung folgt eine ausgiebigere Erweiterung des Muttermundes durch den vorliegenden Kindestheil.

II) Austreibung des Kindes. Der Kopf gelangt durch den, nunmehr auf's Höchste erweiterten Muttermund in die Scheide und kommt in der Schaamspalte zum Vorschein. Die Wehen werden häufiger, anhaltender und kräftiger; sie können, namentlich gegen Ende der Periode, etwas unterstützt werden durch die unwillkürlichen Contractionen der Bauchmuskeln, welche (bei zugleich herab-

gestiegenem Zwerchfell) die Unterleibscontenta pressen. Jede Wehe drängt den Kopf kräftig gegen den Damm, der, sammt den stark auseinander weichenden Schaamlippen, in hohem Grade gespannt wird. Von Zeit zu Zeit geht etwas Fruchtwasser ab. Endlich treibt eine kräftige Wehe den Kopf durch die Schaamspalte. Auf diesen, bei Weitem schmerzhaftesten Moment, folgt eine kurze Pause, nach welcher wenige neue Wehen die Schultern und die übrigen Kindstheile, sammt dem noch zurückgebliebenen Fruchtwasser, durch die Schaamspalte treiben.

Der stark komprimirte Kopf des Kindes — gerade wegen der Gleichmässigkeit und Allseitigkeit ist der Druck nicht schädlich — dehnt sich sogleich wieder aus, indem die übereinander gelegten Knochenränder ihre normale Lage gewinnen. Eine grössere oder kleinere Hautgeschwulst am vorliegenden Kindstheil ist, namentlich bei länger dauernden Geburten, nicht selten.

III) Austreibung der Nachgeburt. Schon am Ende der 2. Periode beginnt die Lösung der Eihäute von der Uteruswand. Nach Austreibung des Kindes stellen sich, früher oder später, neue aber viel leichtere, Wehen ein, welche die Lösung der Eihäute und namentlich der Placenta (547) vollenden und diese Gebilde, die sog. Nachgeburt, schnell austreiben. Die Abtrennung der Placenta von der Uteruswand ist mit Blutung verbunden, die aber durch die starken Zusammenziehungen des Uterus, welche die offenen Gefässlumina des letzteren schliessen, bald zum Stillstand kommt. Nach Austreibung der Nachgeburt ist die Geburt vollendet und der Uterus als eine harte Kugel von bedeutend reducirtem Volumen über der Schaambeinfuge fühlbar.

532. Puerperalveränderungen der Genitalien.

Im Wochenbette (Puerperium) gehen — abgesehen von konstitutionellen Veränderungen — die Genitalien aus den, durch die Schwangerschaft und die Geburt bedingten Zuständen in ihre gewöhnlichen zurück, während zugleich die, in der Schwangerschaft schon vorbereitete, Milchabsonderung auftritt. In den ersten Tagen sind Uteruscontractionen (sog. Nachwehen) nicht selten. Der Uterus wird der Sitz sehr reger Processe; seine Gewebe, namentlich die Muskelfasern, erleiden eine bedeutende Reduction; die Muskelfasern fallen einer rapiden fettigen Metamorphose und das gebildete Fett der Resorption anheim. Die Uterusschleimhaut (Decidua) wird stückweis abgestossen und durch eine neue ersetzt. Etwa 2 Wochen hindurch geht aus dem Uterus eine anfangs blutige, nach einigen Tagen aber immer heller werdende Flüssigkeit ab: Lochien (Wochenfluss). Die blutigen Lochien bestehen besonders aus Blut, sowie Resten der Uterusschleimhaut und Placenta; später treten die Blutkörperchen zurück, während Epitelien, Fetttröpfchen u. s. w. vorwalten. Der Reductionsprocess des Uterusmuskulatur ist, etwa von der 4. Woche an, begleitet von einer sparsamen Neubildung von Muskelfasern; nach etwa 6 Wochen hat der Uterus seine gewöhnliche Grösse und Form wieder erlangt. Die Vagina, namentlich aber die äusseren Genitalien, kehren schnell in den normalen Zustand zurück.

Anhang.

533. Milch.

Das zur Ernährung des Kindes bestimmte Secret der weiblichen Brustdrüsen besteht aus einer Flüssigkeit (Milchplasma) und zahlreichen, von einer Hüllmembran umgebenen Fetttröpfchen von ziemlich variabler Grösse, den sog. Milchkügelchen. Die Milch ist wegen dieser morphologischen Elemente undurchsichtig; im Menschen und Pflanzenfresser fast immer schwach alkalisch, im Fleischfresser aber sauer reagirend; das specifische Gewicht schwankt etwa zwischen 1028 bis 1040. Beim Stehen scheidet sie sich in eine dicke, fettreiche Schicht: den Rahm und eine untere, durchsichtigere, fettarme, von höherem specifischen Gewicht.

Die festen Bestandtheile betragen 11—13% der Milch; sie sind 1) Casein; wahrscheinlich auch kleine Mengen Eiweiss (die Alcaliverbindungen beider Proteinkörper sind freilich von einander kaum unterscheidbar); 2) Milchzucker. Beim längeren Stehen der Milch kommt derselbe, durch das als Ferment wirkende Casein, in Milchsäuregährung; die Säure coagulirt das Casein und die Milch scheidet sich nach und nach in einen festeren Theil und einen flüssigen: die sog. Molken, welche besonders den Zucker und die Salze enthalten. 3) Fette und zwar Margarin (2/3 aller Fette in der Kuhmilch), Elain (1/3) und kleine Mengen eines Gemisches von Fetten, deren Säuren in die Reihe der flüchtigen Fettsäuren gehört (Butter-, Capron-, Capryl- und Caprinsäure). 4) Salze: Chlor-, kohlensaure- und ganz besonders phosphorsaure Verbindungen. Die Basen sind Kali, Natron, Kalk, Magnesia und minime Mengen Eisen.

Die Hüllmembran der Milchkügelchen enthält eine Proteinsubstanz, gewöhnlich als Casein bezeichnet. Durch Essigsäure wird die Hülle gelöst und die Fette sammeln sich dann zu grösseren Tropfen an (Henle). Das Milchplasma besteht aus Casein (gebunden an kleine Mengen Alkali und phosphorsauren Kalk). Die Unterschiede des Salzgehaltes der Kügelchen und des Plasma sind nicht näher bekannt.

Die Frauenmilch hat ein durchschnittliches specifisches Gewicht von 1033 und enthält in 100 Theilen:

Wasser	89,0	
Zucker	3,8	(3,2—6,2)
Casein	3,3	(3,1—3,5)
Fette	3,7	(2,5—4,3)
Salze	0,2	

534. Verschiedene Zustände der Brustdrüse.

1) In dem gewöhnlichen Zustande enthalten die mit Epitelzellen ausgekleideten Drüsenkanäle nur ein Minimum einer klebrigen Flüssigkeit. 2) Während der Schwangerschaft füllen sich die grösser werdenden Epitelzellen immer mehr mit Fettkügelchen und die zunehmend sich erweiternden Drüsencanäle enthalten

in etwas grösserer Menge ein Fluidum, welches freie Fetttröpfchen und fetthaltige Zellen, die Colostrumkörperchen (Donné) führt. Die letzteren, granulirte, maulbeerförmige Gebilde, sind somit abgestossene fetthaltige Zellen der Drüsenbläschen; sie sind entweder noch mit ihrer Zellmembran versehen oder, wenn letztere geschwunden ist, werden die Fettkügelchen durch ein zähes Bindemittel zusammengehalten. 3) In den ersten (3—4) Tagen des Wochenbettes beginnt unter stärkerer Anschwellung der Drüse und bedeutender Erweiterung der äusseren Thoraxarterien ein reger Process in derselben. Das Secret (Colostrum) ist aber noch keine wahre Milch; es enthält, ausser freien Milchkügelchen, eine grosse Anzahl von Colostrumkörperchen, ferner erhebliche Mengen Eiweiss und überhaupt mehr feste Bestandtheile (namentlich Zucker und Salze) als die spätere Milch. 4) Während der Lactation erreicht die Drüse den Höhepunkt ihrer Thätigkeit; nur die feinen Drüsenkanäle enthalten ein mit fetthaltigen Zellen gefülltes Fluidum; in den grösseren Canälen zerfallen die Zellmembranen und die Milchkügelchen werden frei.

535. Bildung der Milchbestandtheile.

Nasse hat wohl zuerst auf die Wichtigkeit der Drüsenzellen bei der Milchbildung aufmerksam gemacht. Die Colostrumkörper sind jedenfalls abgestossene Drüsenzellen; ob aber die Milchkügelchen nichts anderes darstellen als frei gewordene Fettkügelchen abgestossener Zellen der Drüsenbläschen, oder ob daneben auch eine freie Zellenbildung in den Drüsencanälen, oder ein blosses Austreten von Fetttröpfchen aus persistirenden, nicht abgestossenen, Epitelzellen vorkommt, muss dahingestellt bleiben.

Mehrere Hauptbestandtheile der Mich sind Elaborate der Drüse und keine einfachen Ausschwitzungsprodukte des Blutes, in welchem sie sich nicht vorfinden. Der Milchzucker, diese specifische Zuckerart, bildet sich wahrscheinlich aus dem Traubenzucker, das Casein aus Proteinsubstanzen des Blutes (nach Panum und Moleschott kommt Casein im Blute Säugender vor). Ueber den Ursprung der Milchfette hat man nur Vermuthungen; möglicherweis sind sie keine direkten Abkömmlinge der Fette des Blutes und bilden sich erst in den Drüsenzellen. Jedenfalls besteht ein Zusammenhang zwischen der Fetterzeugung des Körpers und der Fettausscheidung in der Milch; reichlich buttergebende Kühe bleiben in der Regel mager.

536. Variationen der Milchsecretion.

Zuverlässige Angaben über die Stärke der Milchsekretion des menschlichen Weibes fehlen; sie wird auf etwa 1300 Gramme in 24 Stunden taxirt. Nachdem die Secretion etwa 8—10 Monate fortbestand, nimmt sie gewöhnlich mit Wiedereintritt der Menstruation rasch ab an Quantität und Qualität. Bei einzelnen Weibern kann übrigens, wie bei Kühen, Ziegen u. s. w. durch fortgesetztes Säugen die Secretion auf unbestimmte Zeit habituell werden.

Viel umfassender, aber auch zum Theil sehr unter einander widersprechend,

sind die Erfahrungen (Simon, Scherer, Becquerel und Vernois, Bödecker u. A.) über die Variationen der chemischen Zusammensetzung der Milch, welche in der That, selbst bei demselben Individuum, ein ziemlich wandelbares Secret darstellt. Manche Erfahrungen scheinen nur für die Thierarten, an welchen sie gemacht wurden, gelten zu dürfen. Alle Einwirkungen, die den Stoffwechsel schwächen, mindern und verändern auch die Milch. Aufenthalt in reiner Luft, Ruhe des Körpers und Geistes befördern die Secretion. Der Genuss der Milch nach heftigen Gemüthsbewegungen der Mutter kann im Säugling, aus noch nicht erklärten Ursachen, Brechen, Durchfall u. s. w. erregen. Reichliche Nahrung vermehrt nach den Erfahrungen der Landwirthe die Milchmenge sehr; ebenso ist die Qualität der Nahrung von Einfluss auf Menge und Beschaffenheit der Milch, welche beim Fleischfresser reicher an Casein und Fetten ist, während beim Pflanzenfresser der Zucker vorwaltet. Fettreiche, ausserdem aber auch stickstoffreiche, Nahrung vermehrt den Fettgehalt, Amylonreiche u. s. w. den Zuckergehalt der Milch. Das Fett nimmt, wenigstens in Kühen, vom Morgen gegen den Abend sehr bedeutend zu, während die Zuckermenge Mittags am grössten ist (Bödecker). Die letzten Portionen haben einen viel grösseren Buttergehalt als die ersten, wie schon Parmentier und Deyeux für Kühe angaben und was Reiset auch für die Frau bestätigt. Die übrigen Bestandtheile dagegen variiren sehr viel weniger in den einzelnen Portionen der Milch. Verschiedene in die Säftemasse aufgenommene Stoffe, können in die Milch übergehen, z. B. manche Riechsubstanzen, Jod, viele Metalle, namentlich Eisen.

XXVII. Embryologie.

537. Aufgaben.

Die Entwickelung des Thierleibes aus dem Ei ist Schritt für Schritt gekannt, freilich nicht nach den, derselben zu Grund liegenden Kräften, sondern, wie die Befruchtung, nur nach ihren äusseren Bedingungen und Erscheinungen. Schon vor hundert Jahren zeigte, seiner Zeit weit voranschreitend, Caspar Friedrich Wolff, dass am Embryo die allmälige Bildung der Theile erforscht werden könne; es gelang ihm aber nicht, die auf diesem Gebiete hergebrachten Speculationen und oft höchst abentheuerlichen Hypothesen zu verdrängen. Hat man doch sogar geglaubt, dass im Ei oder in einem Samenfaden der ganze Mensch *en miniature* fertig enthalten sei! Die Embryologie bildet einen der vollendetsten Abschnitte des descriptiven Theiles der Physiologie. Als Begründer der neueren Entwickelungsgeschichte muss Döllinger anerkannt werden, dessen Schüler Pander und namentlich v. Bär, sowie Meckel, Tiedemann, Rathke,

Johannes Müller, Bischoff und Remak zum Aufbau dieser, wir dürfen es wohl sagen, deutschen Wissenschaft, am meisten beigetragen haben.

Die Hauptaufgaben der physiologischen Embryologie sind: 1) Entwickelung und Aufbau des Wesentlichsten, 2) Entwickelung der äusseren Leibesform, 3) specielle Ausführung der Einzelorgane und 4) Funktionen des Fötus.

Die zum Verständniss der Funktionen des Fötus verwerthbarsten anatomischen Thatsachen werden vorzugsweis hervorgehoben, um so mehr, als es gerade diejenigen sind, welche, als streng folgerichtig, das grösste wissenschaftliche Interesse bieten. Da es sich bloss um die Grundlehren und vor Allem um die Auseinandersetzung des für den Anfänger so schwierigen Zusammenhanges der Formfolgen der Organe handelt, wobei kein wesentlicher Zwischenzustand unvermittelt gelassen werden darf, so kann, ja muss von der Histologie des Embryo und der in neuester Zeit besonders kultivirten Histogenesis, Aufgaben, die namentlich durch Schwann, Valentin, Kölliker und Remak verfolgt worden sind, abgesehen werden. Diese Betrachtungen gehören vorerst noch viel passender in die Gewebelehre. Bei der an Synonymen überreichen Terminologie wird den am Wenigsten präjudicirenden Ausdrücken der Vorzug gegeben. Auch müssen wir uns auf den Menschen beschränken und von der Entwickelung des Hühnchens im Ei Umgang nehmen, welches, als das am Leichtesten zu beschaffende Untersuchungsmaterial, die eigentliche Grundlage der specielleren embryologischen Studien bildet. Die angeborenen Missbildungen bieten der Embryologie wichtige Erweiterungen und wesentliche Bestätigungen ihrer Anschauungen und Lehrsätze, indem sehr viele dieser Anomalien von vorübergehenden normalen Entwickelungszuständen abgeleitet werden können. Die perennirenden Zustände von Organen und Organtheilen niederer Wirbelthiere zeigen oft höchst bemerkenswerthe Analogien mit fötalen Zuständen der höheren Thiere und des Menschen, was bei der Einheit des Organisationsplanes im Ganzen und Grossen nicht auffallen kann. Auf diese das pathologische und zoologische Gebiet berührenden umfassenden Aufgaben kann aber hier selbstverständlich nicht eingegangen werden.

A. Uranlage der Embryonaltheile.

538. Vorgänge im Ei bis zur Anlage des Embryo.

Das aus dem Eierstock ausgetretene Ei besteht (Fig. 126) aus Zona pellucida *(z)*, Dotter *(d)*, Keimbläschen *(k)* sammt Keimfleck. Es ist noch umgeben von der, zum Theil aus spindelförmigen Zellen bestehenden Körnerschicht *(m)*, welche in dieser Periode durch Volumvermehrung des Eies von Wichtigkeit ist, bald aber verschwindet. Der erste Effekt der Befruchtung ist die, von Prevost

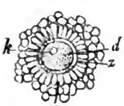


Fig. 126.

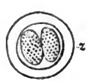


Fig. 127.

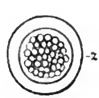


Fig. 128.

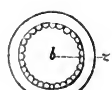


Fig. 129.

und Dumas entdeckte Dotterfurchung; das Keimbläschen ist jetzt nicht mehr sichtbar; die Dottermasse spaltet sich zunächst in 2 Theile (Fig. 127), diese wieder je in 2 und so fort, bis schliesslich der ganze Dotter in eine grosse Zahl kleiner Kugeln (sog. Furchungszellen) zerlegt ist und dadurch das maulbeerartige Ansehen von Fig. 128 gewinnt. Die Furchungszellen legen sich nunmehr an die Innenwand der Zona pellucida (Fig. 129), und bilden durch ihre Verschmelzung

die durchsichtige, dünne Keimblase *(b)*, welche die hellgewordene Dotterflüssigkeit einschliesst. Man unterscheidet jetzt an dem, etwa ½ Linie grossen Ei: Zona pellucida, Keimblase und deren Inhalt.

An einer Stelle der Keimblase entsteht durch vermehrte Zellenanhäufung eine Verdickung: der sog. Fruchthof (Embryonalfleck) von kreisförmiger Gestalt. Bald aber unterscheidet man am Fruchthof zwei Blätter: das äussere Keimblatt, und das innere Keimblatt, welche allmälig, vom Fruchthof aus, weiter wachsen. Endlich ist (s. Fig. 130) die ganze Keimblase, ihrer Dicke nach, in zwei koncentrisch über einander liegende Keimblätter gespalten. Ausserdem entsteht im Fruchthof, zwischen jenen beiden Keimblättern ein mittleres Keimblatt, welches aber (s. Fig. 131.) die Grenze des Fruchthofes nicht überschreitet.

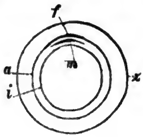


Fig. 131.

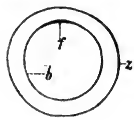


Fig. 130.

Durchschnitt des Eies.

a äusseres, *i* inneres, *m* mittleres Keimblatt, *f* Fruchthof. *z* Zona pellucida. *b* Keimblase *f* Fruchthof.

Aber auch in der Richtung der Breite erfolgt unterdessen eine Sonderung; der Fruchthof hellt sich in seiner Mitte auf und man unterscheidet (Fig. 132): 1) einen inneren, runden, hellen Kreis: heller Fruchthof und 2) einen äusseren, durch stärkere Zellenansammlungen gebildeten, also weniger durchsichtigen Kreis: dunkeler Fruchthof.

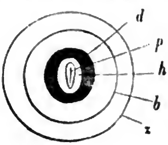


Fig. 132.

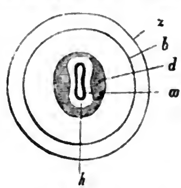


Fig. 133.

Aeussere Ansicht des Eies. *h* heller Fruchthof; in dessen Mitte der von den Rückenwülsten *w* umgebene Primitivstreif *p* (letzterer ist in Fig. 133 weiss). *d* dunkler Fruchthof, *b* Keimblase, *z* Zona pellucida.

Die, einander durchaus gleichen, Zellen der Keimhaut stellen das Material dar, aus welchem der Embryo und seine Annexa zunächst aufgebaut werden, also die ersten wahren embryonalen Bildungszellen. Die Hauptaufgaben dieses ersten Stadiums sind demnach: Dotterfurchung und Keimhautbildung.

539. Uranlage des Embryo.

In dem, durch endosmotische Säfteaufnahme gewachsenen, etwa 3—4 Linien grossen Ei entsteht in der Mitte des hellen Fruchthofes, und zwar durch Verdickung des äusseren und mittleren Keimblattes, ein schmaler länglicher Streif: der Primitivstreif als erste Anlage bestimmter Embryonalgebilde, nämlich des Centralnervensystems und seiner Umhüllungen (in der zweiten

Woche). Die Ränder des Streifes erheben sich zu zwei Wülsten. Diese, die sog. Rückenwülste, schliessen somit anfangs eine Rinne ein (s. besonders die Durchschnittsfigur 134); die freien Ränder der Wülste rücken aber gegeneinander, stossen später zusammen und bilden ein Rohr (s. Fig. 135): das Medullarrohr. Die innere (dem äusseren Keimblatt angehörige) Lage der Röhrenwandung stellt die Uranlage des Centralnervensystemes dar (das Medullarrohr im engeren Sinn nach Einigen; wir brauchen den Ausdruck zweckmässiger in der oben erwähnten allgemeinen Bedeutung) Die äussere (dem mittleren Keimblatt angehörende) Lage des Rohres ist dagegen die Uranlage der späteren knöchernen Umhüllungen des Centralnervensystems und der anliegenden Muskelmassen. In dieser Anlage ist die Wirbelsaite (Chorda dorsalis) eingeschlossen, der Axentheil der späteren Wirbelkörper und und der Schädelbasis. In dem vorderen, weiteren, drei Ausbuchtungen zeigenden Abschnitt dieser Axentheile bildet sich das Hirn, in dem hinteren schmäleren Theil das Rückenmark.

Der ursprünglich runde helle Fruchthof wird grösser und zeigt während dem auffallende Formveränderungen: er wird oval, birnförmig, endlich biscuitformig (s. Fig. 133), der dunkle Fruchthof bleibt rundlich.

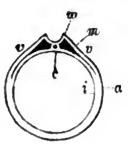


Fig. 134.

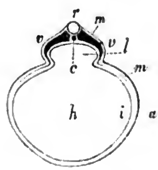


Fig. 135.

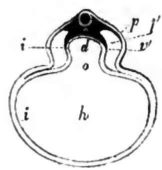


Fig. 136.

Fig. 134 bis 136 Durchschnitte durch Embryo (von rechts nach links) und Keimblase. Fig. 135 und 136 gehören vorzugsweis zu 540 und 541.

a Aeusseres, *m* mittleres, *i* inneres Keimblatt. *w* Rückenwülste und seitwärts von diesen die Visceralplatten *v* (gebildet aus allen 3 Keimblättern). In Fig. 135 ist das Medullarrohr *r* schon hergestellt und die primäre Leibeshöle *l* in eben beginnender Abschnürung von der Höhle *h* der Keimblase. Fig. 136 zeigt die Spaltung der Visceralplatten in das parietale *(p)* und viscerale *(v')* Blatt, und zwischen beiden die definitive Leibeshöle *l'*. Die Darmrinne *d* communicirt mit der Höle der Keimblase durch den Ductus omphalo-mesaraicus *o*.

540. Primäre Leibeshöle.

Die Embryonalanlage stellt anfangs nur eine schwache Verdichtung der Keimblase dar; sie liegt fast flächenhaft im Fruchthof. Man unterscheidet (s. Fig. 137 in 543) 1) ein Kopf- und Schwanzende 2) eine Rücken- und Bauchseite und 3) zu beiden Seiten der Rückenwülste die sog. Visceralplatten (s. Fig. 135): die Uranlagen der Seitenhälften des Leibesrohrs. Die Bauchseite ist anfangs ganz offen gegen die Höle der Keimblase; später

rollen sich die Visceralplatten nach der Bauchseite ein und zwar vorn und hinten, sowie von beiden Seiten. Die vordere und hintere Umbiegung heissen Kopf- und Schwanzkappe. Der etwa 1 Linie lange Embryo schliesst dadurch eine Rinne (Fig. 135 *l*) ein: die primäre Leibeshöle (vierte Woche). Am Kopftheil des Embryo sind die Visceralplatten beiderseits durch Spalten in mehrere, ungefähr rechtwinklig zur Längsaxe des Embryo stehende Wülste getheilt: die Visceralbögen (Fig. 137 *v*).

541. Primäres Darmrohr.

Jede Visceralplatte spaltet sich in zwei Blätter: ein äusseres (parietales), und inneres viscerales (Fig. 136). Die abgespaltenen inneren Blätter wachsen einander entgegen zur Bildung des anfangs rinnenförmigen Darmrohres. Dieses Entgegenwachsen geschieht somit in dem Raum der bisherigen primären Leibeshöle. Die Spaltung selbst aber erfolgt nur in der, vom mittleren Keimblatt gebildeten Schicht der Visceralplatten. Die nächsten Resultate dieses, vorzugsweis von Remak erkannten, Vorganges sind, wie aus Fig. 136 erhellt, folgende 1) Bildung der definitiven Leibeswand; diese besteht aus einer äusseren Schicht, die dem äusseren Keimblatt angehört, und einer inneren Schicht, herrührend vom äusseren Blatt des mittleren Keimblattes. 2) Anlage des primären Darmrohres. Dasselbe zerfällt in eine innere Schicht, angehörend dem inneren Keimblatt und eine äussere Schicht, das von der Leibeswand abgespaltene viscerale Blatt des mittleren Keimblattes. Die Darmrinne verläuft in der Längsaxe des Embryo anfangs ganz gerade, und trennt dadurch die zu seinen beiden Seiten liegenden Cavitäten, die 3) Anlagen der definitiven Leibeshöle. Die Darmrinne wird aber allmälig in ihrem ganzen Verlauf zum Darmrohr geschlossen und zugleich von der definitiven Leibeswand abgelöst. Dadurch verschmelzen die beiden seitlichen Leibeshölen zu einer gemeinsamen Cavität.

Nur an einer Stelle schliesst sich das Darmrohr nicht; hier steht demnach der Darm mit der Höle der Keimblase (die später Nabelblase heisst) in offener Communication und zwar durch den, immer mehr sich verengernden Nabelblasengang (Ductus vitello-intestinalis oder omphalo-mesaraicus (Fig. 136). Der Embryo selbst schnürt sich später immer mehr ab von der Nabelblase und hängt am Ende mit dieser nur noch an einer Stelle zusammen: dem »Hautnabel« (im Gegensatz zum »Darmnabel«), durch den der Nabelblasengang hindurchgeht.

542. Erstes Gefässsystem.

Im mittleren Blatt des Fruchthofes tritt ferner noch die Uranlage des Centralgefässsystems auf. Am vorderen Ende des (durch die Abspaltungen im mittleren Keimblatt gebildeten) visceralen Blattes des Leibesrohres entsteht nämlich eine Wucherung, die Uranlage des Herzens, die in den vordersten Theil der allgemeinen Leibeshöle hineinwächst. Das Herz ist anfangs ein gerader einfacher Schlauch; sein vorderes Ende geht über in ein arterielles Gefäss (Truncus arteriosus communis), dessen Zweige die Stammgebilde des Embryo und die Nabelblase

mit Blut versorgen. Die von diesen beiden Theilen das Blut zurückführenden Venen senken sich mittelst eines gemeinsamen Gefässes in das Hinterende des Herzschlauches ein (s. 565).

Im Verlauf der 3. oder im Anfang der 4. Woche, also in sehr kurzer Zeit, ist die Grundanlage der Hauptgebilde des, nunmehr 2—2½ Linien langen Embryo fertig. Ehe zu dem Aufbau der Einzelorgane übergegangen wird, ist noch zu schildern: die Bildung der Eihüllen (543), die Verbindung der Frucht mit der Mutter (546—548) und die, zum Verständniss des Specielleren nothwendigsten Thatsachen betreffend die Bildung der äusseren Leibesform (Abschnitt C.).

B. Appendicaltheile des Embryo.

543. Fötale Eihüllen.

I. *Innere Eihaut, Amnion.* Das äussere Blatt der Keimblase hebt sich ab von dem inneren Blatt, um sich an die Zona pellucida anzulegen. Die Abhebung geschieht bloss an der Keimblase (Nabelblase), nicht aber am Embryo selbst; dadurch entsteht zunächst rings um den Embryo eine wallförmige Faltung, die Amnionfalte (Fig. 137). Die auf diese Weise gebildete Oeffnung schliesst sich wie die Oeffnung eines Beutels, durch allseitiges Entgegenwachsen des rundlichen Faltenrandes, über dem Rücken des Embryo (3. Woche). Die Metamorphosen der Amnionfalte sind namentlich durch v. Bär aufgeklärt worden. Die Falte besteht aus zwei Platten.

Die innere Platte überzieht, nach der Vereinigung der Amnionfalte, den Embryo als ein geschlossenes Säckchen: Schafhaut, Amnion. Dasselbe umgiebt anfangs, als zartes kleines, mit etwas Flüssigkeit (Amnioswasser) gefülltes, Bläschen den Rücken und die seitlichen Theile des Embryo. Da das Bläschen ausgeht von den Rändern der Visceralplatten des Embryo, so muss es, mit zunehmender Abschnürung des Letzteren von der Nabelblase, mit zunehmender Verengerung also des sog. Hautnabels, den Embryo immer mehr, auch von der Bauchseite her, umschliessen. Der Embryo wird desshalb nach und nach förmlich eingestülpt in das Amnion und dadurch von allen Seiten umgeben von der Amnionflüssigkeit.

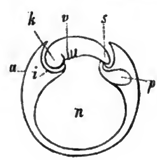


Fig. 137.

k Kopfende, *s* Schwanzende des Embryo, *v* Visceralbögen; *a* äussere und *i* innere Amnionfalte. *p* Allantois. *n* Nabelblase.

Die äussere Platte der Amnionfalte legt sich an die Innenseite der Zona pellucida an; sie stellt somit eine geschlossene Membran dar (sog. seröse Hülle oder falsches Amnion), welche das Amnion selbst und den Embryo sammt der Nabelblase einschliesst.

II. *Mittlere Eihaut, Chorion.* Die Grundlage derselben ist die Zona pellucida des Eierstockeies. An der Aussenfläche derselben sprossen, bald nach dem Eintritt des Eies in den Uterus, Zotten hervor; die Zona heisst nunmehr

Chorion. Die Zotten werden zahlreicher, länger und verästeln sich immer mehr. Mit der Innenfläche des Chorions verschmitzt die seröse Hülle (als sog. Endochorion).

544. Mütterliche Eihüllen.

Die äussere Eihaut ist die Membrana decidua. Die Schleimhaut des Uterus bereitet sich schon während der Menstruation vor zur Aufnahme des Eichens; sie wird sehr blutreich, in allen ihren Schichten bedeutend dicker, und gewinnt wegen der stark geschwellten Weber'schen Uterinaldrüsen ein siebförmörmiges Aussehen, während ihr Zusammenhang mit der Muskelschicht des Uterus sich lockert. Die Uterusschleimhaut selbst verwandelt sich, wie W. Hunter, Seiler und E. H. Weber zeigten, in die äussere Eihülle: die Decidua; letztere stellt gewissermassen das Nest dar, in welches das Ei, nämlich die zwei inneren Eihüllen sammt Embryo, eingelagert ist. Das Ei, nach seinem Eintritt in die Uterushöle, adhärirt irgendwo an der Schleimhaut; letztere wächst alsdann durch Wucherung kapselartig herum um das Ei. Diese Schleimhautkapsel vergrössert sich, sammt dem Ei, immer mehr und legt sich im 3. Monat an die Uterusschleimhaut (Decidua) an, um mit derselben vollständig zu verwachsen. Früher stellte man sich den Vorgang anders vor; man glaubte, die Tubenmündungen des Uterus schlössen sich durch die sich aufwulstenden benachbarten Schleimhautränder und das Eichen stülpe, bei seinem Eintritt in den Uterus, die Schleimhaut ein; man unterschied desshalb 1) Decidua reflexa, den eingestülpten Theil (unsere »Schleimhautkapsel«), der das Ei zunächst umgiebt und 2) Decidua vera, die äussere Schicht. Besser sind die Bezeichnungen Decidua externa und interna.

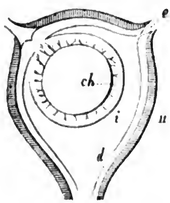


Fig. 138.

e Eileiter. *u* Uteruswand. *d* Decidua externa, *i* Decidua interna. *ch* Chorion.

545. Varietäten der Eihüllen.

Die drei Eihäute zerfallen nach Obigem in 1) die mütterliche Hülle, Decidua, das Nest des eigentlichen Eies; 2) das, wenigstens der Grundlage nach, von der äussersten Haut des Eierstockeies herrührende Chorion und 3) das aus der Keimblase, resp. den Embryonalrändern, hervorgehende Amnion.

Zwillinge, Drillinge u. s. w. sind immer von einer gemeinschaftlichen Decidua externa umschlossen; die übrigen Membranen sind entweder 1) ebenfalls einfach; dann liegen die Früchte in einer einzigen, zunächst vom Amnion begrenzten Hölung, oder 2) sie sind gesondert: jede Frucht ist demnach umschlossen von einer Hülle, bestehend aus Decidua interna, Chorio und Amnion, oder

endlich 3) es kommen Uebergangsformen zwischen 1) und 2) vor, und zwar a) gemeinsame Decidua interna, getrenntes Chorion und Amnion und b) gemeinsame Decidua interna und Chorion, getrenntes Amnion, in welch letzterem Fall beide Embryonen aus einem Ei mit gedoppeltem Dotter entstanden sein können. Die Placenten der Zwillinge u. s. w. sind durch Verschmelzung meist einfach, aber sehr gross; über die innere Placentenfläche zieht sich eine Scheidewand, die durch die zusammenstossenden Eihäute beider Früchte gebildet wird.

Das Amnion, welches vom Embryo selbst stammt, ist immer doppelt, kann aber durch Resorption der Scheidewände beider Amnionhölen einfach werden. Dieselbe nachträgliche Veränderung kann auch das ursprünglich gedoppelte Chorion erleiden.

546. Allantois.

Am hinteren Ende der Leibeshöle bildet sich ein Säckchen, die **Allantois**; dasselbe ist, wie es auch entstanden sein mag, jedenfalls sehr bald in offener Communication mit dem hintersten Theil des Darmrohres, als dessen Ausstülpung es gewöhnlich betrachtet wird (s. Fig 137). Die Allantois tritt, neben dem Ductus omphalo-mesentericus, hervor aus der Nabelöffnung und wächst weiter zwischen Amnion und Chorion. Aus dem Anfang der Allantois (*u* Fig. 139) bildet sich die Harnblase, die demnach mit dem untersten Darmabschnitt communicirt und in welche die Ausführungsgänge der Vornieren (579) münden. Der folgende Theil der Allantois bis zum Nabel wird zum Urachus; der ausserhalb der Leibeshöle gelegene und weiter wachsende blindsackige Theil der Allantois füllt sich mit etwas Flüssigkeit, die nichts anderes darstellt als das erste, von den Vornieren herrührende Excretionsfluidum. Die Flüssigkeit ist also eine Art Harn. Beim Menschen schwindet das Allantoissäckchen schon im Verlaufe des zweiten Monates; bei vielen Thieren z. B. Wiederkäuern, wächst es weiter, bleibt mittelst des Urachus mit der Harnblase in Verbindung und enthält in den späteren Perioden der Schwangerschaft eine ziemliche Menge einer alcalischen, meistens trüblichen (theilweis von den Nieren abstammenden) Flüssigkeit von 1 bis selbst 4% Fixa, worunter Harnstoff und das mit diesem verwandte Allantoin, Zucker, Mineralbestandtheile.

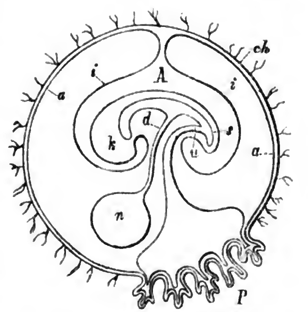


Fig. 139.

ch Chorion. *a* Aeussere Amnionplatte (Endochorion) — *i* Amnion (innere Platte). *A* Amnionhöle, ein Beginn der Bildung. *k* und *s* Kopf- und Schwanzende des Embryo. *d* Ductus omphalomesentericus. *n* Nabelblase. *u* Urachus. *P* Placenta; letztere repräsentirt einen viel späteren Zeitraum als die übrigen Theile der Figur.

547. Placenta.

Mit der Allantois wachsen aber auch Blutgefässe (2 Nabelarterien, 1 Nabelvene) hervor, die Hauptheile der späteren Nabelschnur. Die Gefässe senken sich ein in eine beschränkte Stelle des Chorions und verästeln sich vielfach in die Chorionzotten (Fig. 139 *P*). Diese Zotten, bestehend aus einer Grundlage von Bindegewebe und einem Epithelialüberzug, werden gerade an dieser Stelle besonders gross, zahlreich und sehr stark verästelt; in jede Zotte senkt sich eine kleine Arterie, die mittelst einer starken, oberflächlichen Capillarität in eine, das Blut aus der Zotte rückführende Vene (Anfang des Systems der Nabelvene), übergeht.

Ausser den Chorionzotten und den fötalen Nabelgefässen entwickelt sich aber anderseits auch der, dieser Stelle entsprechende Theil der Decidua und der mütterlichen Blutgefässe. Die Muskelfaserschicht des Uterus giebt zahlreiche kleine Arterien ab, welche in die Decidua sich verästeln und in Capillaren übergehen. Letztere bieten, obschon ihr Lumen sehr zunimmt, anfangs immer noch den gewöhnlichen Typus der Capillargefässe; später aber gehen ihre immer feinerwerdenden distinkten Wandungen zu Grunde. Nunmehr ist dieser Theil der Decidua durchzogen von ($^1/_3$—$^3/_4$ Linie) weiten blutführenden Hohlräumen, die sich derartig entwickeln, dass von der ursprünglichen Deciduagrundlage fast nichts mehr übrig bleibt. Die Blutzufuhr zu diesen Räumen geschieht durch kleine arterielle Zweigchen, die Blutabfuhr durch verhältnissmässig sehr starke Venen. In diese Hohlräume wachsen, wie E. H. Weber zeigte, die blutgefässreichen embryonalen Chorionzotten hinein; dadurch entsteht ein ungeheuerer endosmotischer Contact zwischen dem Blute der Mutter und der Frucht, der durch das bindegewebige Stroma und die Epitelialschicht der Zotten vermittelt wird. Offene Uebergänge zwischen beiderlei Blutgefässsystemen finden demnach nicht statt.

Beide Systeme von Gefässen verschmelzen immer mehr zu einem gleichmässigen Organ: Placenta, an dem man also ursprünglich zwei Theile unterscheidet: den kindlichen und den mütterlichen. Bei der Geburt reisst sich die Placenta ab vom Uterus und veranlasst dadurch eine Blutung.

Die Hauptaufgabe des Allantoissäckchens besteht somit darin, dass dasselbe bei seinem Weiterwachsen der Träger ist der embryonalen Blutgefässe, welche die Verbindung mit dem Blute der Mutter aufsuchen.

548. Spätere Schicksale der Appendicaltheile des Embryo.

Im zweiten Monat ist zwischen Amnion und Chorion noch ein relativ beträchtlicher Raum, der sog. Eiweissraum; das Amnion wächst aber stärker und ist am Ende des dritten Monates an das Chorion vollständig angelegt. Die drei Eihüllen sind von jetzt an bloss noch gesonderte Schichten eines einzigen Sackes. Das Amnion, als innerste Haut des ganzen Sackes, überzieht das Chorion, sammt

der Placenta und setzt sich, von letzterer aus, als Ueberzug der Nabelschnur bis zur Nabelhaut der Frucht weiter. Die immer blutreicher werdende Placenta ist später eine etwa ½ Zoll dicke, rundliche, 1—1½ Pfunde schwere, Scheibe von 7—8 Zoll Durchmesser. Das Chorion verliert in seinem ganzen Umfang, der sich nicht zur Placenta umbildet, die Zotten. Das Nabelbläschen (Dotterbläschen) entfernt sich immer mehr vom Embryo, indem der Ductus omphalomesentericus zunehmend länger wird und endlich in einen feinen Strang sich umwandelt, der meistens nach dem dritten Monat schwindet. Das Nabelbläschen selbst persistirt in der Placenta, jedoch als rudimentäres und physiologisch bedeutungsloses Gebilde. Bei vielen Säugethieren besteht es während des Fötallebens fort und nimmt selbst an Grösse zu; beim Menschen aber wird es nicht über 4—5 Linien gross.

549. Amniosflüssigkeit.

Dieselbe, auch Schaafwasser, Fruchtwasser genannt, variirt je nach der Fötalperiode und den Individuen ziemlich stark. Im Allgemeinen gleicht sie den serösen Flüssigkeiten; sie ist in der ersten Zeit wasserhell, später trüblich durch beigemischte Epidermisplättchen des Embryo, Epitelien des Amnion u. s. w. Die festen Bestandtheile des alkalischen Fluidum's betragen im Ganzen ½ bis fast 2% (Eiweiss, Harnstoff, Zucker und Mineralbestandtheile, namentlich Phosphate und Chlornatrium). In der Mitte der Schwangerschaft beträgt das Fruchtwasser 2 bis 3 Pfunde, am Ende bloss noch etwa 1 Pfund; es ist ein Sekret der Gefässe der Eihäute, vorzugsweis der kindlichen, und zwar der sehr feinen und verhältnissmässig sparsamen Gefässe die, von den Nabelschnurgefässen aus, zwischen Amnion und Chorion verlaufen. Das Fruchtwasser bewahrt den Fötus vor mechanischen Insulten, vor allem aber die Nabelschnurgefässe vor schädlichem Drücken; es erleichtert die Bewegungen des Fötus und ist auch im Verlauf des Geburtsaktes von einer gewissen Bedeutung.

C. Aeussere Leibesform.

550. Hirnschädel.

In 539 wurde gezeigt, dass die sog. Rückenwülste zu einem Rohr sich schliessen: dem Medullarrohr. Das vordere, von Anfang an dickere, Ende des Rohres theilt sich schon am Ausgang der 3. Woche in 3 Erweiterungen, die Hirnblasen, deren innerste Schichten die anfangs sehr dünne Markmasse des Hirns bilden, während die äusseren Schichten die Grundlagen der Umhüllungen des Hirns abgeben. Man unterscheidet: Hinterhirnblase: Anlage für verlängertes Mark, Kleinhirn, Brücke; Mittelhirnblase für Vierhügel und Hirnschenkel; Vorderhirnblase für Sehhügel und Grosshirnhemisphären. Diese drei, anfangs hinter einander liegende, Blasen nehmen an Masse zu, jedoch in ungleichem Grade. Die Vorderblase beugt sich stark abwärts; die Mittelblase, anfangs die grösste, erhebt sich bedeutend über die beiden anderen und bildet mit ihnen

zugleich starke Winkel (5. Woche), während die Hinterblase von dem Rückenmarkstheil des Medullarrohres durch einen auffallenden Knick, den sog. Nackenhöcker, sich abtrennt. Endlich bildet sich eine leichte, in der Medianlinie der Schädeloberfläche von vorn nach hinten verlaufende Furche, als Andeutung einer Abtrennung der einzelnen Hirnblasen in eine rechte und linke Hälfte. Die Vorderhirnblase zeigt eine, von rechts nach links gehende, schwache Querfurche, dadurch ist die Scheidung in die Hemisphärenblase und die dahinterliegende, anfangs viel grössere, Sehhügelblase gegeben.

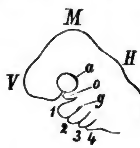


Fig. 140.
V. Vorderhirnblase, *M.* Mittel- und *H.* Hinterhirnblase. *h* Nackenhöcker *a* Auge. *o* Oberkieferlappen. 1—4 Visceralbögen. *g* Ohrgrube (s. 553).

Im weiteren Verlauf der Entwickelung verschwinden allmälig diese Abschnürungen äusserlich und der Hirnschädel gewinnt eine rundlichere Form. Die Präponderanz der Vierhügelblase hört nämlich bald auf (7. Woche) und die Hemisphären des Grosshirns wachsen nach rückwärts über Sehhügel, Vierhügel und Kleinhirn. Dadurch werden das Hirn und dessen Umhüllungen schon am Ende des dritten Monates länglich rund, zum Unterschied vom Hirn der Säugthiere, deren Grosshirnhemisphären diese Präponderanz nicht gewinnen.

551. Allgemeine Mundöffnung.

Die erste Anlage des Gesichtes ist vorzugsweis charakterisirt durch die Entstehung der allgemeinen Mundöffnung. Der Darm löst sich (541) von der allgemeinen Leibeswand überall ab, mit Ausnahme seines vordersten Theils, wo er eine gewisse Strecke lang mit der Leibeswand verwachsen bleibt und zugleich auch am weitesten ist. Am vordersten Ende des Darmes geschieht ein Durchbruch (wie später am Hinterende zur Afterbildung); dadurch entsteht eine weite Oeffnung unter der Schädelbasis: die allgemeine Mundspalte. Ausserdem erfolgen, wie Rathke entdeckte, auf beiden Seiten einige (4) Durchbrüche durch die Leibeswand vom Vordertheil des Darmrohres aus und zwar in Form länglicher, von der Rückenseite nach der Vorderseite verlaufender Spalten, die zwischen sich kleine Leisten lassen: die sog. Visceralbögen. Das erste Visceralbogenpaar wächst nach vorwärts und stosst in der Medianlinie zusammen. Zugleich bildet sich an der Basis des Hirnschädels ein breiter, nach abwärts wachsender Fortsatz, der sog. Stirnfortsatz (s. Fig. 142). Der untere Rand des letzteren und der obere Rand des ersten Visceralbogens schliessen demnach die, in den Vordertheil des Darmes führende allgemeine Mundöffnung ein.

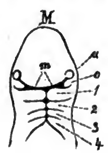


Fig. 141.
M Mittelhirnblase. — *m* Allgemeine Mundöffnung. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen. *1, 2, 3, 4* Visceralbögen.

552. Trennung der Mund- und Nasenhöle.

Die erste Aufgabe besteht in der Scheidung der allgemeinen Mundöffnung in Mundspalte und Nasenlöcher. An der Basis jedes ersten Visceralbogens, unter dem Auge (das als rundliches, ziemlich grosses Bläschen zu beiden Seiten des Kopfes entstanden ist, 600) wächst ein Fortsatz: der Oberkieferlappen nach aufwärts und einwärts, dem Stirnfortsatz entgegen. Der nach abwärts wachsende Stirnfortsatz geht seitlich in zwei Flügel auseinander, mit welchen die Oberkieferlappen zusammenstossen. Dadurch wird die allgemeine Mundöffnung geschieden in die, von rechts nach links sehr breite Mundspalte und die beiden, vorerst ganz flachen Nasenlöcher.

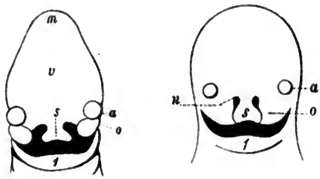


Fig. 142 und 143.

m Mittel- und *v* Vorderhirnblase. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen, *s* Stirnfortsatz. *1* erster Visceralbogen. *n* (in Fig. 143) Naslöcher.

Die Trennung bezieht sich aber nicht bloss auf die Oeffnung des Mundes. Hinter dem Stirnfortsatz und verbunden mit demselben, wächst im zweiten Monat die Nasenscheidewand nach abwärts. Jeder Oberkieferlappen, der beiderseits die Grundlage vorzugsweise des Oberkiefer- und Jochbeines bildet, schickt nach innen ein horizontales Leistchen. Letztere wachsen von den Seiten her einander entgegen, um, zur Bildung des Gaumens, in der Medianlinie zusammenzustossen. Der Gaumen verbindet sich mit der von oben herab gewachsenen Nasenscheidewand, während im unteren Ende des Stirnfortsatzes auch der Zwischenkiefer sich bildet. Dieser stellt den Vordertheil des Gaumen- und Zahnfortsatzes des Oberkiefers dar; in ihm entstehen die oberen Schneidezähne. Der Zwischenkiefer verschmilzt schon im Anfang des 3. Monates mit den Oberkieferbeinen. Durch diese Vorgänge des Gaumenverschlusses werden die beiden Nasenhölen sowohl unter sich, als auch von der Mundhöle abgetrennt (3. Monat). Die Oberlippenbildung beginnt schon in der 9. Woche und zwar von beiden Oberkieferlappen und dem unteren Ende des Stirnfortsatzes aus. Stossen die genannten, einander entgegen wachsenden Fortsätze nicht zusammen, so entstehen verschiedene, als Hasenscharte, Wolfsrachen u. s. w. bezeichnete Spalten als bleibende Bildungsfehler.

Die äussere Nase bildet sich durch Erhebung der Ränder der flachen Nasenlöcher. Letztere sind anfangs nach vorn gerichtet und beginnen erst im 5. Monate nach abwärts gestellt zu werden. Durch Auflagerungen auf den ersten Visceralbogen bildet sich der Unterkiefer, von dessen Mitte eine kegelförmige Wucherung nach rückwärts wächst: die Zunge.

553. Untere Visceralbögen.

Der erste Visceralbogen ist der grösste und wichtigste von allen (s. auch das Hörorgan). Etwas später als das erste stosst das zweite Visceralbogenpaar in der Medianlinie des Körpers zusammen; zugleich aber verwächst es auch mit dem ersten Paar. Die Verwachsung geschieht jedoch nur vorn, sodass auf jeder Seite zwischen dem ersten und zweiten Bogen eine Spalte zurückbleibt: die Ohrgrube. Das 3. und 4. Bogenpaar vereinigt sich ebenfalls, sowohl unter sich, als mit den vorwärts und rückwärts liegenden Theilen. Das 2. und 3. Paar, von denen gewisse Theile verschwinden, metamorphosirt sich nach Reichert vorzugsweis zu den verschiedenen Theilen des Zungenbeines, gegen welches (vom ersten Visceralbogen aus) die Zunge nach rückwärts wächst, bis sie den 2. Bogen erreicht. Das 4. Paar verwächst mit der Haut des Halses. In der 5. Woche sind alle Visceralspalten geschlossen.

Die frühere Bezeichnung „Halsrippen" für die Visceralbögen beruht auf einem ungerechtfertigten Vergleich. Rathke hob die Aehnlichkeit der Visceralbögen mit analogen Fortsätzen im Fischembryo hervor, den ersten Anlagen der bleibenden Kiemen, daher die häufig gebrauchten Bezeichnungen: Kiemenbögen und Kiemenspalten.

554. Rumpf.

Die Sonderung des Embryo in einen Kopftheil und den, anfangs stark gekrümmten Rumpf erfolgt sehr frühe; der Rumpf schnürt sich zugleich von der Dotterblase ab. Die noch wenig ausgebildete Wandung der Leibeshöle ist aber anfangs sehr dünn und durchsichtig, sodass die Eingeweide, namentlich das stark prominirende Herz und die Leber, blosszuliegen scheinen. Auch liegt noch eine Darmschlinge in der Nabelöffnung (d. h. im Anfang der Nabelschnur). In der 5. Woche haben sich die allerdings noch dünnen Visceralplatten einander so genähert, dass die Nabelöffnung klein wird.

Erst später consolidirt sich die Leibeswand, während zugleich die Nabelöffnung relativ immer enger wird. Ein Halstheil scheidet Rumpf und Kopf deutlich von einander und in der Mitte des 2. Monats sondern sich auch Brust und der, durch die Leber stärker prominirende Bauch merklich von einander. Schon in der 4. Woche wächst aus dem hinteren Rumpfende ein Fortsatz hervor: der Steiss, der als Hervorragung erst in der 10. Woche verschwindet. Die, anfangs gemeinsame After- und Geschlechtsöffnung bildet sich in der 7. Woche und über derselben eine Wucherung als Anfang der äusseren Geschlechtstheile.

555. Gliedmaassen.

In der 4. Woche, nachdem die Haupttheile des Kopfes und Rumpfes angelegt sind, bilden sich die Gliederwülste als kleine kegelförmige Wucherungen und anfangs indifferente Massen, in denen erst später die Sonderung in die einzelnen histologischen Elemente erfolgt. Die oberen Extremitäten gehen in der Entwickelung den unteren etwas voran. Die Gliederwülste werden zunächst

breiter und etwas gebogen. In der 5. Woche unterscheidet man ein schaufelförmiges Endstück: Hand und Fuss *(s* Figur 144*)* und ein kegelförmiges Anfangsstück *(a)*, das aus dem Wurzelstück *(w)* (Schulter, Hüfte) hervorkommt. Letzteres scheidet sich in der 7. Woche in den Ober- und Vorderarm und den Ober- und Unterschenkel; Hand und Fuss werden breiter und platter und erhalten schwache Furchen als Andeutungen der Finger und Zehen. In der 8. Woche sind die Finger, etwas später die Zehen getrennt. In der ersten Hälfte des 3. Monats wird die Artikulation der Glieder noch schärfer und am Ende dieses Monats haben die Glieder im Verhältniss zum Rumpf schon eine gehörige Länge.



Fig. 144.

556. Allgemeine Bedeckungen.

Die oberflächlichsten embryonalen Bildungszellen treten zur ersten Anlage der, anfangs sehr dünnen und weichen Haut zusammen. Aus dem äusseren Keimblatt entsteht nach Remak die Epidermis (und deren Annexa), während die äussere Schicht des mittleren Keimblattes sich zur Cutis umgestaltet, so zwar, dass die ursprünglich indifferenten Massen der letzteren sich sondern in die einzelnen histologischen Bestandtheile: Bindegewebe als Stroma der Haut, Nerven, Blutgefässe u. s. w. Die Bildung der Hautwärzchen beginnt erst im 4. Monat. Die Oberhaut zeigt namentlich in der zweiten Hälfte des Fötallebens eine langsame Abschilferung ihrer oberflächlichsten Schicht. Die Anlage der Drüsen der Haut und der Haare datirt etwa vom 4. Monat. Die Haare selbst sind flaschenförmige Verlängerungen der innersten Epidermislagen in die Lederhaut, während die Haarbälge aus letzteren selbst entstehen. Die Haare des Fötus sind ein feiner Flaum; nach ihrem Hervorbrechen fallen sie theilweis aus und kommen desshalb vereinzelt im Fruchtwasser vor. Die eigentlichen Kopfhaare des Fötus brechen erst im 6. Monat hervor; sie sind in reifen Früchten durchschnittlich $^3/_4$ Zoll lang. Die Talgdrüsen entstehen als Auswüchse der Haarbälge. Die Schweissdrüsen bilden sich als solide Einstülpungen der untersten Epidermisschicht, die erst später Windungen und Canalisation erhalten. In den letzten Monaten des Uterinlebens ist die Haut des Fötus von einem weisslichen, zähen Ueberzug bedeckt, der Vernix caseosa, einem Produkt der Talgdrüsen (Wrisberg) und der Epidermoidalabschuppung. Dasselbe ist zusammengesetzt aus Talgzellen, Fetttröpfchen und ganz vorzugsweise aus Epidermisschüppchen (G. Simon). An gewissen Stellen, wo die Talgdrüsen besonders entwickelt sind (behaarter Theil des Kopfes, Achselgrube, Leisten- und Schaamgegend, Beugeseite der Glieder) ist die Vernixschicht besonders stark. Der Ueberzug dient vorzugsweis als Schutz für die Epidermis und verhütet die Imbibition derselben mit Fruchtwasser.

557. Körpergrösse.

Der Neugeborene wiegt 6—7 Pfunde (3300 Gramme im Mittel). Die Angabe des Körpergewichts in den einzelnen Fötalperioden, namentlich in den früheren,

sowie der Gewichte der Einzelorgane, weichen so sehr von einander ab, dass hier von denselben Umgang genommen wird. Bessere Uebereinstimmungen bieten die Ausmessungen der:

Körperlänge.

nach Ablauf von	par. Zolle	nach Ablauf von	par. Zolle
3 Wochen	1/5	20 Wochen	10 (3)
4 „	1/4—1/3	24 „	12 1/2
6 „	3/4	28 „	14 1/2 (4)
8 „	gegen 1 1/3	32 „	16
12 „	3 (3/4)	36 „	über 17 (5 1/2)
16 „	7 (2)	40 „	19 (über 6)

Bis zur achten Woche einschliesslich bedeuten die Körperlängen die Abstände (in gerader Linie) vom Scheitel zum Steiss; von der zwölften Woche sind die Beinlängen dazu gerechnet, jedoch auch in Klammern für sich angegeben.

D. Einzelorgane und deren Functionen.

558. Grundformen des Kreislaufes.

Man unterscheidet 4 Perioden: 1) der Embryo sammt seinen Appendicaltheilen besitzt ursprünglich weder Blut noch Gefässe. 2) Dotterblasen- (Nabelblasen-)circulation, die erste und einfachste Form des embryonalen Blutlaufes. 3) Placentarcirculation, in der übrigen Zeit des Embryonallebens 4) Lungencirculation, die definitive Kreislaufsform nach der Geburt.

Diese Typen gehen allmälig in einander über, d. h. neben dem früheren entwickelt sich der spätere Typus so, dass die Bahnen und Stromrichtungen des letzteren die vorherrschenden werden.

Die grosse physiologische Bedeutung sowie die Schwierigkeiten des Gegenstandes erfordern eine ausführlichere Darstellung. Diese beginnt am Zweckmässigsten mit den beiden fötalen Kreislaufsformen und zwar in ihrer fertigen Gestalt; hierauf folgt die Entwickelung der einzelnen Theile des Gefässsystems und endlich der Uebergang der 1. in die 2. und der 2. in die definitive Form.

559. Erster embryonaler Kreislauf.

Die erste Form des embryonalen Kreislaufes: die Dotterblasencirculation, wurde, des Zusammenhanges wegen, schon in 542 kurz berührt. Das relativ sehr grosse Herz stellt anfangs einen einfachen Schlauch dar. Das vordere, arterielle Herzende, der Truncus arteriosus communis, theilt sich in zwei Schenkel: das erste Aortenbogenpaar. Diese stossen aber wieder zusammen zu einer gemeinsamen kurzen Aorta, die in die vorderen Theile des Embryo Gefässe (besonders die sog. vorderen Wirbelarterien) abgiebt und unten (nach einem, wie bemerkt, kurzen Verlauf) sich in 2, längs der Wirbelsäule verlaufende Aeste spaltet. (Letztere wurden, ebenfalls nicht zweckmässig, häufig als »hintere Wirbelarterien« bezeichnet später wächst die kurze Aorta relativ mehr und die »Wirbelarterien« sind dann nichts anderes als die a. a. iliacae communes.) Sowohl die Aorta als deren Zweige entlassen jederseits eine grössere Anzahl sog. Arteriae omphalo-mesaraicae, die später bis auf eine verschwinden und sich in die Wandung der Dotterblase in der Art verzweigen, dass letztere bald von einem Gefässnetz vollkommen umwachsen ist.

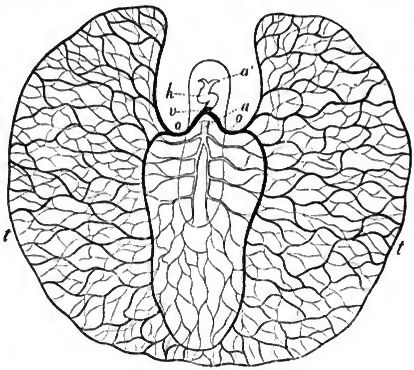


Fig. 145.

Fig. 145. nach Bischoff. *h* Herz, *a'* erstes Aortenbogenpaar, *a* Aorta in 2 Endäste sich spaltend. Von der Aorta und den Endästen gehen zahlreiche Arteriae omphalo-mesaraicae ab. *t* Sinus terminalis (des Kaninchens) übergehend in die (dickeren) Dotterblasenvenen, die jederseits zu einer Vena omphalo-mesaraica *(o)* zusammentreten. Beide *o* verschmelzen zu einem kurzen in das Herz mündenden Truncus venosus communis *(v)*.

Bei manchen Säugern, besonders aber in den Vögeln, deren Dottercirculation wegen des grossen Dotters, viel wichtiger ist, geschieht dieses Umwachsen so, dass die Grenze zwischen dem schon von Gefässen durchzogenen und dem noch gefässlosen Theil der Dotterblase durch ein ringförmiges Gefäss: Sinus terminalis angegeben ist. Dieses fehlt im Menschen.

Das aus der Nabelblase zurückfliessende Blut führt dem Embryo resorbirte Bestandtheile der Dottermasse zu; es sammelt sich in die beiden Venae omphalo-mesaraicae, welche zu einem gemeinsamen sehr kurzen Venenstamm (Truncus venosus communis) sich vereinen, der in das Hinterende des Herzens mündet.

Zugleich nehmen die V. v. omphalo-mesaraicae auch das aus dem Körper des Embryo zurückfliessende Blut auf.

Dieser erste Kreislauf ist ganz vorzugsweise ein extraembryonaler. Seine Dauer hängt von der Bedeutung der Nabelblase ab; im Menschen ist er schon in der 5. Woche sehr beträchtlich reducirt, während er im Vogel bis zum Auskriechen aus dem Ei fortdauert, wobei er allerdings immer mehr gegen den zweiten Circulationstypus zurücktritt.

560. Zweite embryonale Circulation.

Die zweite Form des fötalen Blutlaufes heisst, ihrer am meisten charakteristischen Eigenschaft wegen, Placentencirculation. Die beiden Nabelarterien beiderseits Zweige der Arteria hypogastrica) führen das fötale Blut durch den Nabelstrang zur Placenta. In dieser kommt das Blut in innigen Contact mit dem mütterlichen Blute. Die Differenz beider Blutarten ruft aber lebhafte Diffusions- und endosmotische Ströme hervor, nämlich: 1) eine Abgabe von Kohlensäure und wohl auch von sonstigen Excretionsmassen (Harnstoff?) in das Blut der Mutter, sowie 2) einen Uebergang von Sauerstoff und von fixen, zur Ernährung dienenden Bestandtheilen des mütterlichen Blutes in das Blut des Fötus. Die Placenta versieht also gleichzeitig die Dienste als Respirationsapparat, als Aufnahmsorgan fixer Nährstoffe (analog den resorbirenden Blutgefässen der Schleimhaut des Nahrungsschlauches) und wohl auch als Excretionsorgan.

Von der Placenta kehrt das Blut arterieller (der Ausdruck ist relativ gerechtfertigt) durch die in der Nabelschnur verlaufende Nabelvene zurück. Der Strom theilt sich aber (s. 567) in 2 Bahnen: 1) ein Theil fliesst in die Leber und von da, durch die Venae hepaticae in die Vena cava inferior; dieses Blut wird also sogleich wieder venös. 2) Ein zweiter Theil ergiesst sich durch den Ductus Arantii direkt, also ohne »venös« zu werden, in die Cava inferior. Letztere erhält ausserdem noch das venöse Blut von den unteren Theilen des Rumpfes und den unteren Extremitäten.

Die Cava inferior mündet gegenüber dem Foramen ovale, einer Oeffnung in der Scheidewand der Vorkammern, in die rechte Vorkammer; dadurch, sowie vermöge einer speciellen Anordnung (s. 563) der Eustachi'schen Klappe, wird der Strom aus der rechten Vorkammer viel mehr der linken Vorkammer als der rechten Herzkammer zugelenkt. Beim Strom der Vena cava superior, welche venöses Blut aus Kopf und oberen Extremitäten in die rechte Vorkammer entleert, ist die Richtung zur rechten Kammer mehr begünstigt als das Ueberströmen in die linke Vorkammer.

Die rechte Kammer speist zwei Blutbahnen: 1) die Lungenarterie, welche jedoch nur wenig Blut den Lungen zuführt und 2) den Botalli'schen Gang, die ungleich wichtigere Bahn, die das meiste Blut aus der rechten Kammer in die Aorta descendens leitet. Die linke Vorkammer empfängt als Zufuhren: 1) venöse aus den Lungen in kleinen Mengen und 2) einen Theil des Blutes der rechten Vorkammer und zwar, wie schon bemerkt, absolut und relativ viel mehr aus

der unteren als aus der oberen Hohlvene. Die linke Herzkammer treibt dieses Blut weiter in den Arcus aortae und dessen Verzweigungen.

561. Schema der zweiten Circulation.

Die geschilderte Form der Circulation ist am meisten ausgeprägt etwa in der Mitte des Fötallebens; sie ist durch Folgendes charakterisirt: 1) der Lungenblutlauf ist bloss ein Anhängsel der Körpercirculation; die, bloss im Wachsthum, nicht aber in ihrer eigentlichen specifischen Funktion begriffenen Lungen empfangen nur geringe Blutzufuhren. 2) Das Blut der Cava superior geht vorzugsweise durch die Aorta descendens zu den unteren Körpertheilen. Dieses Blut ist aber venöser, also oxydationsbedürftiger; ein Theil desselben strömt durch die Placenta. 3) Das Blut der Cava inferior versorgt mehr die vorderen Körpertheile und das Gehirn; es ist relativ arterieller, also weniger oxydationsbedürftig. Die Hauptbahnen finden ihren schematischen Ausdruck in Fig. 146. *R* rechte, *L* linke Herzkammer. *l* Lungenblutbahn. *a a* Arcus aortae (obere Körperarterien). *c. s* Cava superior. *a. d* Aorta descendens (untere Körperarterien). *c. i* Cava inferior. *p* Placentenblutbahn. * * Andeutung der Capillaritäten.

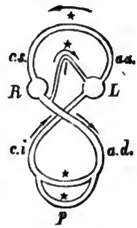


Fig. 146.

562. Einfacher Herzschlauch.

Die erste Metamorphose des einfachen Herzschlauches besteht in einer Trennung in drei hintereinander liegende Abtheilungen: Vorkammer, Kammer und Truncus arteriosus communis (s. Fig. 147). Der anfangs gerade Herzschlauch krümmt sich Sförmig; zugleich kommt die bisher oben liegende Kammer nach unten und das bisher untere, den Truncus venosus aufnehmende Ende: die Vorkammer, durch eine Drehung nach oben und hinten. Die Kammer hat anfangs eine Magenform, später streckt sie sich und wird kegelförmig; die Vorkammer zeigt schon frühe zwei starke seitliche Ausbuchtungen, die Anlagen der Herzohren. Der Truncus venosus communis mündet in der Mitte der Hinterwand in die gemeinsame Vorkammer. Seine beiden Aeste (deren Genese erst 565 entwickelt wird), sind die Cava inferior und superior. Der kurze Truncus venosus wird aber beim Wachsthum der Vorkammer in die letztere hereingezogen, d. h. die Venenwandung wird für die Mitte der Hinterwand der Vorkammer verwendet. Jetzt münden also beide Cavae gesondert in die Vorkammer.



Fig. 147.

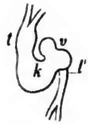


Fig. 148.

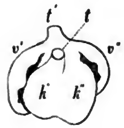


Fig. 149.

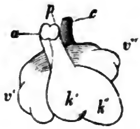


Fig. 150.

Figuren 147 bis 151: **Herz in seinen Hauptentwickelungsstadien** (von vorn gesehen). *t'* Truncus venosus communis. *C* Vena cava superior. *v* Einfache, *v'* rechte, *v"* linke Vorkammer. *k* Einfache, *k'* rechte, *k"* linke Kammer. *t* Tuncus arteriosus communis, in Fig. 150 sich spaltend in Aorta *(a)* und Arteria pulmonalis *(p)*. In Figur 151 *p"* und *p'* A. pulmonalis dextra und sinistra. — *A* Arcus aortae mit seinen Aesten; *A'* Aorta descendens. *B* Ductus Botalli.

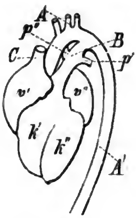


Fig. 151.

563. Rechtes und linkes Herz.

Schon in der 4. und 5. Woche beginnt die **Scheidung in ein rechtes und linkes Herz.** Von der unteren Wand der Kammer wächst eine Scheidewand nach aufwärts; die dadurch entstehende Trennung in eine rechte und linke Kammer ist auch äusserlich am Herzen angedeutet durch eine Vertiefung. Eine Stelle des früheren Herzschlauches zwischen der stark sich erweiternden Kammer und Vorkammer bleibt im Wachsthum relativ etwas zurück; dadurch bildet sich eine kurze Verlängerung: Canalis auricularis. In diesen wächst die Kammerscheidewand hinein, wodurch ein rechtes und linkes Ostium atrio-ventriculare entsteht, an deren Rändern die Klappen sich ausstülpen. Die vollständige Trennung beider Kammern ist fertig in der 8. Woche.

Auch in die Vorkammer, welche in dieser Zeit grösser ist als die Kammer, wächst eine Scheidewand herein und zwar gewissermassen als Fortsetzung sowohl des oberen Randes der Kammerscheidewand als auch der Vorderwand der Vorkammer selbst. Die dadurch entstehende Leiste trennt aber nur den Vordertheil beider Vorkammern; sie zeigt einen nach hinten gerichteten concaven Rand.

Die Cava superior, welche anfangs **über** der Cava inferior in die Vorkammer mündete, rückt nach rechts, d. h. in die sich bildende rechte Vorkammer; die Cava inferior dagegen mündet der vorhin erwähnten Leiste gegenüber, d. h. in **beide** Vorkammern. In dem Schema (Fig. 152) sind beide Vorkammern von oben blossgelegt und die **obere** Wand der Cava inferior entfernt. Die untere Wand der letzteren ragt, wie die dreieckige Spitze einer Schreibfeder (*i* Fig. 152) in die Vorhöfe herein, sodass die beiden Ränder derselben am **unteren** Horn der Vorkammerleiste (bei *s*) zusammenstossen. Der **linke** Rand jener dreieckigen Spitze der Cava wächst weiter zu

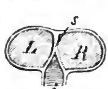


Fig. 152.

einer senkrechten Leiste mit nach vorn gerichtetem concavem Rand, die den hinteren Vorkammerraum in eine rechte und linke Hälfte abtheilt. Die Ränder beider Leisten schliessen somit ein rundes Loch ein: das **Foramen ovale**, die Communication zwischen beiden Vorkammern oder gewissermassen die Mündung der Cava inferior in die linke Vorkammer. Der hintere concave Rand dieser Mündung versieht theilweis den Dienst einer Klappe. Das schreibfederförmige Ende der Cava inferior wird zur **Eustachi'schen Klappe** (bloss der **linke Rand** dieser Schreibfeder entwickelt sich, wie gesagt, zur hinteren Vorkammerscheidewand und namentlich zur Valvula foraminis ovalis). Die nur im Fötus wirksame Eustachi'sche Klappe bewahrt ihre dreiseitige Form, und bildet eine unvollständige Scheidewand, welche dem durch die Cava inferior zufliessenden Blut den Uebergang in die rechte Kammer theilweis erschwert und die Stromrichtung nach der linken Vorkammer begünstigt. Ein in die rechte Vorkammer prominirender Wulst am hinteren, oberen Umfang des Foramen ovale, das Tuberculum Loweri, trägt wohl auch dazu bei, den Strom der Cava superior von dem der inferior etwas abzuleiten.

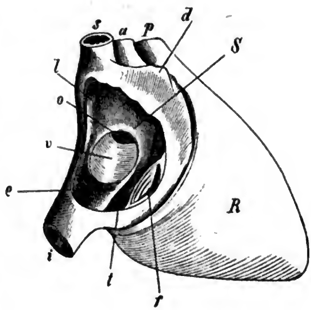


Fig. 153.

Herz eines Neugeborenen. Die Aussenwand des rechten Vorhofes ist weggeschnitten. *R*, rechte Kammer. *p* A. pulmonalis. *a* Aorta. *s* Cava sup. *i* Cava inf. *e* Eustachi'sche Klappe. *o* Foramen ovale; *v* dessen Klappe. *S* Septum atriorum. *t* Thebesische Klappe. *l* Tuberculum Loweri, *f* Ostium atrio-ventriculare. *d* Auricula dextra.

Die vollständige Trennung beider Herzkammern fordert zugleich eine Abspaltung des Truncus arteriosus communis in zwei Gefässe. Dieser Process dürfte seinen verständlichsten und zugleich naturgemässesten Ausdruck erhalten, wenn wir sagen: es bildet sich an der Vorder- und Hinterwand des Aortenbulbus je eine Einschnürung, die in der Längsaxe des Gefässes verlauft und sich bis zu dessen Theilung in das erste Aortenbogenpaar erstreckt. Dadurch entstehen zwei in dem Gefässlumen sich entgegenwachsende Scheidewände; nach deren Zusammenstossen ist die Trennung des Truncus arteriosus vollendet, d. h. aus der linken Kammer geht die Aorta, aus der rechten die Pulmonalarterie ab.

564. Arterien.

Die Entwickelung der Gefässe ist vorzugsweise von **Rathke** untersucht worden. Der kurze Truncus arteriosus communis gab anfangs auf jeder Seite bloss **einen** Bogen ab; dieses erste Bogenpaar vereinte sich wieder zur Aorta

descendens. Der Truncus entlässt aber bald jederseits 3 weitere Aortenbögen; die vier Bögen verlaufen in die Visceralbögen und treten, aus diesen zurückkehrend, wieder zusammen und zwar jederseits in einen gemeinsamen Stamm: die Aortenwurzel. Beide Aortenwurzeln vereinen sich zur Aorta descendens. Die 4 oder selbst 5 Aortenbogenpaare sind nicht zugleich vorhanden; zuletzt bleiben beim Menschen nur 3 (sie sind in der Figur allein angedeutet) übrig, aus denen sich persistirende Arterien des Embryo entwickeln. Der vorderste Bogen wird rechts Arteria anonyma, links Carotis und Subclavia sinistra. Von den Verzweigungen dieser Arterien sind in der allerersten Zeit besonders die sogenannten A. a. vertebrales anteriores, (s. 559) hervorzuheben.) Der mittlere Bogen obliterirt rechts und wird links zum bleibenden Arcus aortae. Der hinterste (unterste, dritte) Bogen entlässt jederseits und zwar schon an seinem Anfang einen Zweig in die Lunge, der übrige Verlauf des Bogens obliterirt rechts, wird dagegen links zum Ductus arteriosus Botalli. Die rechte Aortenwurzel schwindet, die linke wird **Anfang** der Aorta descendens.

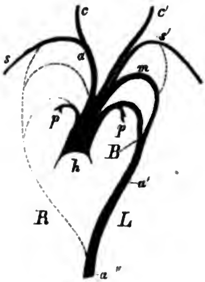


Fig. 155.

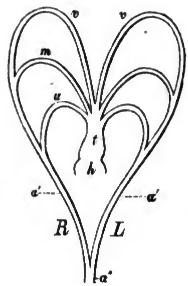


Fig. 154.

R rechts, L links. h Herz. t Truncus arteriosus communis. *v*, *m*, *u*, vorderer, mittlerer, unterer Bogen. a' Aortenwurzel (links später Anfang der Aorta descendens), a'' Aorta descendens. Die Figur 145 zeigt die weiteren Metamorphosen. *p* Lungenarterien. *B* Botalli'scher Gang. m (links) Aortenbogen. *a* Art. anonyma und deren Zweige. *c'* und *s'* Carotis und Subclavia sinistra.

565. Venen.

Die ersten Venen des Embryonalkörpers sind die **Cardinalvenen**. **Rathke** unterscheidet zwei vordere, die das Blut aus den oberen Körpertheilen zurückführen, und zwei hintere Cardinalvenen. Jederseits verbindet sich die vordere und hintere Cardinalvene zu einem gemeinsamen Stamm, dem **Ductus Cuvieri**. Beide Cuvier'sche Gänge münden anfangs in das Ende der (bald einfachen) Vena omphalo-mesaraica, welche ausserdem noch die Cava inferior aufnimmt. Die V. omphalo-mesaraica (Truncus venosus communis) ist somit der gemeinschaftliche, in das Hinterende des Herzens sich einsenkende, Stamm aller Venen des Embryo wie der Nabelblase.

Die Cava inferior liegt zwischen den beiden hinteren Cardinalvenen. Das hintere Ende der Cava anastomosirt jederseits mit den Cardinalvenen; diese

Anastomosen — nichts anderes als die späteren Venae iliacae communes — werden immer stärker, sodass zuletzt das Blut der unteren Extremitäten nur in die Cava überfliesst. Die hinteren Cardinalvenen bleiben daher in ihrem unteren Verlauf im Wachsthum zurück; ihre vorderen Theile werden rechts Vena azygos und links Vena hemiazygos.

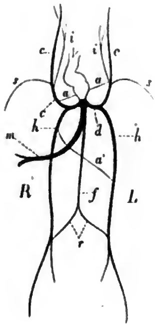


Fig. 156.

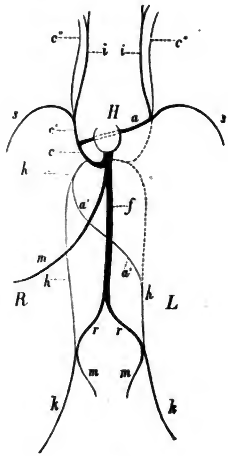


Fig. 157.

R rechte, L linke Seite. Fig. 156. *m* Vena omphalo-mesaraica. mit Andeutung ihrer 2 Zweige; die Hauptvene, einmündend in das Hinterende des einfachen Herzschlauches. Dieselbe hat am Ende 3 Aeste: *d* jederseits einen Ductus Cuvieri und *f*: cava inferior. — *c* Vordere Cardinalvenen, deren Zweige *s* subclavia und *i* jugularis interna. — *h* hintere Cardinalvenen, *a a* und *a'* Anastomosen je zwischen den vorderen und den hinteren Cardinalvenen. *r* Anastomose zwischen Cava inf. und hinteren Cardinalvenen.

Fig. 157 stellt die Weiterentwickelung des Venensystemes dar; die geschwundenen Theile sind punktirt, die relative Mächtigkeit der Gefässe aber durch dünnere oder dickere Striche angedeutet. Das Hinterende des Herzens H empfängt einen einfachen Venenstamm, zusammengesetzt aus Cava superior (c) und cava inferior (f). *c'* Vena anonyma dextra, *c''* Jugularis externa, *i* jugularis interna, *s* subclavia. *a* Vena anonyma sinistra, ihr Verlauf hinter dem Herzen ist punktirt angegeben. *m* die frühere Vena omphalomesenterica, reducirt zur blossen Mesenterica, jetzt Ast der cava inferior. *h* (rechts) V. azygos. *a a'* Ende der hemiazygos, *r r* Vena iliaca communis, *m* iliaca interna (hypogastrica), *k* iliaca externa (cruralis).

Die vorderen Cardinalvenen: (die späteren Jugulares externae) nehmen die anfangs viel kleineren V. v. jugulares internae und subclaviae auf.

Zwischen beiden vorderen Cardinalvenen besteht eine quere Anastomose; dessgleichen zwischen den hinteren. Dadurch wird das Blut von den linken in die gleichnamigen rechten Cardinalvenen abgeleitet. Der linke Cuvier'sche Gang, sowie die centralen Enden beider linken Cardinalvenen obli-

teriren und zwar letztere bis zum Abgang der erwähnten Anastomosen. Der rechte Cuvier'sche Gang wird Cava superior. Die Anastomose der vorderen Cardinalvenen wird Vena anonyma sinistra. Die vordere rechte Cardinalvene wird an einer Strecke Vena anonyma dextra, in ihrem weiteren peripheren Verlauf jugularis externa, die an Grösse von der jugularis interna und subclavia bedeutend überholt wird. Die Anastomose beider hinteren Cardinalvenen wird zum (centralen) Ende der Vena hemiazygos, also ein Zweig der Vena azygos, welche letztere sich in die Cava superior einsenkt.

Der gemeinsame Venenstamm der Cavae trennt sich, wie schon 563 erwähnt, sodass die Cava superior und Cava inferior gesondert in den rechten Vorhof münden.

566. Arterien der Nabelblase und des Nabelstranges.

Das funktionelle Zurücktreten der Nabelblase und die stärkere Entwickelung der Allantois (Placenta) bedingen in den betreffenden Blutbahnen wesentliche Veränderungen, die für den Gesammtkreislauf von grosser Bedeutung werden.

Die Art. omphalo-mesaraica (es ist nur noch eine vorhanden, s. 559) giebt ausser ihren Nabelblasenzweigen auch ein Aestchen in den mittlerweil entstandenen Darm ab: die Art. mesaraica. Letztere gewinnt, mit stärkerer Entwickelung des Darmes, die Oberhand; die Nabelblasenarterie ist somit nur ein Zweig der A. mesaraica und geht bald gänzlich zu Grunde. — Die aus dem Embryonalkörper hinauswachsende Allantois ist die Trägerin zweier, immer mehr sich entwickelnder, Arterien: der (späteren) Arteriae umbilicales, anfangs die Hauptzweige des unteren Endes der Aorta, bald aber Aeste der Aorta hypogastrica jederseits.

567. Nabelblasenvene, Pfortader und Nabelvene.

Eine Vene, die (spätere) Vena umbilicalis, führt das Blut aus der Allantois (Placenta) zurück und senkt sich anfangs in die Vena omphalo-mesaraica ein. Die Metamorphosen der Venen zerfallen in folgende 4 Hauptabschnitte: A gehört dem ersten, B und C dem zweiten fötalen, D dem definitiven Kreislauf des Erwachsenen an.

A) Präponderanz der Nabelblasenvene s. Fig. 158. Das Nabelblasenblut fliesst zurück durch die Vena omphalo-mesaraica, welche, wie gesagt, auch das venöse Allantoisblut aufnimmt. Das aus beiden Organen abfliessende Blut hat aber zwei Wege 1) durch die Vena omphalo-mesaraica direkt in das Herz und 2) durch die Leber, in welche die Vena omphalo-mesaraica und umbilicalis Zweige schicken. Dieses Blut ergiesst sich aus der Leber durch die Venae hepaticae in die Cava inferior. Ausserdem giebt es 3) schon von Anfang an eine, später sehr wichtig werdende, Anastomose zwischen beiden Venen.

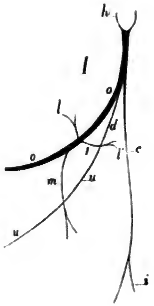


Fig. 158.

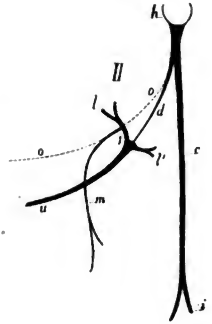


Fig. 159.

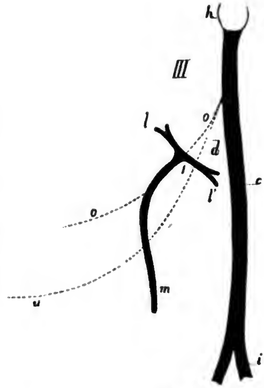


Fig. 160.

I Nabelblasenvenencirculation, II Periode der Placentarcirculation, III Definitive Circulation. Alle drei stellen genau dasselbe Grundschema dar; nur die Wichtigkeit der Blutbahnen ändert sich in den einzelnen Schemata. *h* Herz. *o* Vena omphalo-mesaraica in II und III immer mehr obliterirend. *u* V. umbilicalis. *c* V. cava inferior (*i* iliaca communis). *m* V. mesaraica (in II ist das Ende von *m* Pfortader, *1* Anastomose zwischen v. omphalo-mesaraica und umbilicalis (ist in III sammt der Fortsetzung l' linker Leberast der Pfortader) *d* Aranzi'scher Gang (I in Anlage, II in Ausbildung, III obliterirt). *l* Leberast (abgeschickt in I von der omphalo-mesaraica, in II vorzugsweis von der umbilicalis, in III ausschliesslich von der Pfortader als deren rechter Ast). *l'* Leberast der umbilicalis (in III der Pfortader).

B) P r ä p o n d e r a n z d e r D a r m v e n e (P f o r t a d e r) ü b e r d i e N a b e l b l a s e n v e n e. (Fig. 159). Mit dem Wichtigerwerden des Stromes der Cava inferior und dem Zurücktreten der V. omphalo-mesaraica, wird die Cava Hauptstamm, die Omphalo-mesaraica aber deren Ast; also die V. umbilicalis Ast (zweiter Ordnung) der Cava. Das Stück der V. omphalo-mesaraica, das oberhalb (d. h. dem Herzen zu) des Abganges ihrer Leberäste liegt, verschwindet vollständig. Mit der Entwickelung des Darmes entstand aber auch eine Vena mesaraica, anfangs ein kleiner Zweig der Omphalo-mesaraica. In Folge des Zurücktretens der Nabelblase und des stärkeren Wachsthumes des Darmes wird die Mesaraica zum Stamm, die Omphalo-mesaraica zum Zweig, der sodann bald verschwindet. Also sind auch die Leberzweige der früheren Omphalo-mesaraica Zweige der V. mesaraica geworden, deren Ende nunmehr Stamm der Pfortader heisst.

C) D o m i n i r e n d e r V e n e n s t r o m i n d e r V e n a u m b i l i c a l i s. Das Blut dieser Vene hatte von Anfang an zwei Hauptwege: 1) direkt in die Cava inferior, durch den Ductus venosus Arantii; 2) indirekt in die Cava, durch die L e b e r und zwar a) durch die ursprünglichen (in den linken Theil des Organes sich einsenkenden) Leberäste der Umbilicalis und b) durch die ursprüngliche Anastomose der Umbilicalis mit der Omphalomesaraica resp. Pfortader (den

rechten Leberast der Umbilicalis in die rechte Hälfte jenes Organes). Die Nabelvene ist somit fast während des ganzen Fötallebens das Hauptgefäss und die Pfortader deren Ast, doch so, dass letztere sich allmälig mehr entwickelt.

D) Pfortader allein zurückbleibend. Nach der Geburt schliesst sich der Aranzi'sche Gang, sowie die Nabelvene bis zur Leberpforte; also sind nunmehr die Leberäste der Nabelvene Aeste der Pfortader.

568. Einleitung des definitiven Kreislaufes.

Die bleibende Form der Circulation ist charakterisirt durch die vollkommene Trennung der Lungen- und Körperblutbahn; das Blut fliesst (bei den zwei höheren Wirbelthierklassen) in einem vollständigen Kreis, d. h. jedes Blutkörperchen muss nothwendig durch die Capillarität der Lungen sowie der Aortenblutbahn strömen. Diese Form beginnt unmittelbar nach der Geburt, mit der eigentlichen Functionirung der Lungen; die Kreislaufsorgane präpariren sich aber allmälig für dieselbe, so dass zu früh geborene Früchte, sogar von der 26.—30. Woche in einzelnen Fällen am Leben bleiben können.

Der Uebergang wird in der späteren Fötalperiode besonders durch Folgendes bezeichnet. Das Blut der Vena cava inferior fliesst immer mehr in die rechte Kammer, immer weniger in den linken Vorhof, indem das Foramen ovale zunehmend kleiner wird und die (in 563 geschilderte) Funktion der Eustachi'schen Klappe zurücktritt. Die rechte Kammer giebt zunehmend mehr Blut durch die Lungenarterie in die, immer mehr sich entwickelnden Lungen ab, zunehmend weniger Blut in die Aorta descendens. Nach der Geburt wird der Botalli'sche Gang schnell, das Foramen ovale langsam (innerhalb einiger Wochen geschlossen; die Schicksale der Nabelgefässe sind in 567 angegeben.

569. Rückblick auf die Gefässentwickelung.

Anfangs besteht das Herz aus einer einfachen, zunehmend häufiger pulsirenden, contractilen Substanz, in der weder Muskelfasern noch Nerven erkennbar sind. Die Blutgefässe entstehen nicht etwa durch Hereinwachsen von Gefässen schon angelegter Embryonaltheile, sondern sie bilden sich an allen Stellen unmittelbar. Die Gefässe, wie auch das Herz, sind nach Remak und Kölliker anfangs solide, aus embryonalen Bildungszellen zusammengesetzte Anlagen. Gewisse Lagen der letzteren treten zusammen zum Aufbau der Gefässwand, während die Zellen der centralen Schichten durch Vermehrung der Intercellularflüssigkeit flott werden. Die ersten Blutkörperchen sind somit von den embryonalen Bildungszellen nicht verschieden; sie sind gross, kugelig, kernhaltig (die Kerne verschwinden erst in einer späteren Periode); sie werden in der Folge gefärbt. In der ersten Zeit vermehren sich die Blutkörperchen namentlich auch durch Theilung; die Blutkörperchenbildungen in späteren Perioden des Embryonallebens sind so wenig exact gekannt, wie im Erwachsenen. Die Capillaren entstehen nach Schwann und Kölliker aus embryonalen Bildungszellen

unmittelbar; letztere schicken Ausläufer zu benachbarten analogen Zellen; durch Zusammenstossen und Canalisirung derselben entstehen die Capillarnetze.

Die erste Anlage des Gefässsystemes, wie die des Embryo überhaupt, gehorcht dem Gesetz der vollständigen seitlichen Symmetrie; sogar das Herz liegt als ein gerader Schlauch in der Medianlinie des Körpers. Wie diese erste Anlage, so hängen auch die weiteren Schicksale der ursprünglichen Gefässanordnung auf das Deutlichste von der Gestaltung und Fortbildung der von den Gefässen zu versorgenden Embryonaltheile ab, wie eine Fülle von Thatsachen der vergleichenden Anatomie darthut. Die Metamorphosen der Gefässe beziehen sich besonders 1) auf die Richtungen und das Längswachsthum. Ein kurzer Stamm, der sehr lange Aeste abgiebt, kann bald durch Präponderanz seines Wachsthums, in einen absolut oder relativ langen Stamm mit kurzen Aesten umgewandelt werden u. s. w. 2) Auf die Lumina. Ein unbedeutender Zweig kann zum Hauptstamm werden, wenn sein respectives Organ in stärkeres Wachsthum geräth. Ein Gefäss ersten Ranges kann degradirt werden, ja selbst ganz obliteriren u. s. w. In Folge dieser Reduktionen und Fortentwickelungen kann ein einfaches Gefäss des definitiven Kreislaufes zusammengesetzt worden sein aus mehreren Stücken von ursprünglich ganz differenten Bedeutungen und Verlaufsweisen. Die definitive Aorta z. B. besteht (s. Fig. 155) aus 4 verschiedenen Stücken: 1) die Aorta ascendens entspricht (theilweis) dem Truncus arteriosus resp. dem aus diesem sich abspaltenden Aortenstück; 2) der Arcus aortae entspricht dem linken mittleren Aortenbogen; 3) der Anfang der Aorta descendens dem unteren Stück der linken Aortenwurzel und 4) der weitere Verlauf der Aorta descendens der anfänglichen Aorta descendens. Also bilden sich No. 4 aus einem ursprünglich einfachen Canal, No. 1 zufolge einer Spaltung eines einfachen Canals, während 3. und 4. früher symmetrischen Bildungen angehörten.

Die Metamorphosen der Hauptvenen sind komplicirter als die der Hauptarterien. Auch sind die Bedeutungen dieser Venen mehrseitiger, schon desshalb, weil sie — wie gewisse Venen im Erwachsenen — ein Fliessen des Blutes bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung zulassen. Die in 565 geschilderten Metamorphosen der Venen sind übrigens nur Beispiele von Vorgängen die sich an allen Stellen des Körpers wiederholen, allerdings die wichtigsten Beispiele, eben weil sie mit den fundamentalsten Ereignissen der Circulation im Zusammenhang stehen.

Die Organentwickelung bedingt die Blutgefässentwickelung, nicht umgekehrt. In dem Wachsthum der Leber z. B. liegt eine Hauptursache von Veränderung der Richtung und Stärke mehrerer wichtigen venösen Blutbahnen.

570. Hämodynamische Bemerkungen.

Systematische Ausmessungen der Einzeltheile des Gefässsystemes im Verlauf des Fötallebens; Bestimmungen der Capacitäten, Wanddicken, Lumina u. s. w. des Herzens und der Gefässe würden, im Verein mit den gleichzeitigen Wachs-

thümern der einzelnen Organe, der Lehre vom fötalen Kreislauf eine exaktere Gestalt geben, als es gegenwärtig möglich ist. Im Zusammenhang mit früher geschilderten Circulationsverhältnissen ist die rechte Vorkammer anfangs geräumiger als die linke, und erst später werden beide gleich; sowie auch die Wandung der linken Kammer im älteren Fötus viel dicker wird als die der rechten Kammer. Die Spannungen des Blutes in den, beiden Kammern angehörigen Arterienbahnen dürften anfangs keine wesentlichen Unterschiede bieten; an den Communicationen beider Gefässsysteme, z. B. an dem Ende des Ductus Botalli und dem Anfang der Aorta descendens müssen sie überhaupt gleich sein. Der Strom in die oberen Körpertheile ist anfangs relativ viel begünstigter als später. Die Placentenbahn ist eine Abzweigung der A. hypogastricae und Cava inferior und zwar weitaus die längste; die Länge der Nabelschnur beträgt 20 Zolle. Trotzdem strömen grosse Blutmassen in die Placenta, offenbar wegen der, hier besonders günstig gestellten Capillarströmung. Das Venensystem, noch im Erwachsenen an Räumlichkeit und vorhandenem Blutvorrath bevorzugt gegenüber den Arterien, präponderirt im Fötus relativ noch mehr, namentlich in den ersten Perioden. Starke Präponderanz des Venensystems deutet auf relativ grössere Kreislaufszeiten; die letzteren würden also abnehmen mit zunehmendem Alter des Fötus. Das Herz vollführt gegen Ende des Fötallebens, wie die Auscultation des Uterus Schwangerer zeigt, 150—130 Schläge in der Minute; die Kreislaufszeit ist hier ohne Zweifel sehr klein.

571. Darmrohr.

Die erste rinnenförmige Anlage und die nächstfolgenden, besonders von C. F. Wolff, Bär, Bischoff und Remak untersuchten Metamorphosen des primitiven Darmrohres mussten schon in 541 geschildert werden. Dasselbe stellt sehr bald ein kurzes, vorn und hinten geschlossenes Rohr dar, welches in der Mitte durch den anfangs relativ weiten, Ductus omphalo-mesaraicus in die Nabelblase übergeht. Der Theil vor dem Ductus heisst Munddarm, der hintere Afterdarm. Im vordersten Theil des Munddarmes entsteht sehr früh ein Durchbruch: die allgemeine Mundspalte (551) und seitliche, bald sich schliessende Durchbrüche: die Visceralspalten (553). Der Durchbruch am Ende, nämlich die Bildung des Afters (resp. die gemeinschaftliche Mündung des Darmes und des Uro-Genitalsystems), wobei zugleich von aussen her eine Grube entgegentritt, erfolgt erst in der 6. bis 7. Woche.

572. Oberer Theil des Nahrungsschlauches.

Das anfangs gerade und in seinem ganzen Verlauf ungefähr gleichweite primitive Darmrohr erhält zunächst an der Mündung des Ductus omphalo-mesentericus eine Knickung, die aus der noch offenen Bauchspalte theilweis hervortritt (s. 573). In der 5. Woche beginnt die Scheidung in 4 Abschnitte von ungleicher Weite: allgemeine Mundhöle, Speiseröhre, Magen und Darm.

Die allgemeine Mundhöle sondert sich später in die definitive Mund-

Nasen- und Rachenhöle (552); die Zungenbildung beginnt schon in der 5. Woche. Die Ränder der Kiefer bekommen Rinnen, in welchen kleine Wärzchen entstehen, die durch faltenförmige Erhebungen von einander abgetrennt werden. Diese Erhebungen stellen bald geschlossene Säckchen dar (10 in jedem Kiefer), in denen die späteren Milchzähne sich bilden. Die Verknöcherung der Zähne beginnt im 5. Monat. Ausserdem bilden sich Reservesäckchen für die späteren bleibenden Zähne (Goodsir). Wegen der Entwickelung der Zähne muss auf die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie verwiesen werden.

Die Speiseröhre erleidet keine wesentlichen Aenderungen.

Die grosse Curvatur des anfangs senkrechten Magens ist nach links, die kleine nach rechts gerichtet. Im 3. Monat legt der Magen sich quer, wobei die grosse Curvatur nach abwärts zu liegen kommt.

573. Definitives Darmrohr.

Das primitive Darmrohr verläuft, wie bemerkt, anfangs als ein gerader Schlauch längs der Wirbelsäule. In der 4. Woche entfernt sich der Theil des Urdarmes, der mit dem Ductus omphalo-mesaraicus communicirt, von der Wirbelsäule; dadurch erhält der Darm die erwähnte knieförmige Knickung, in deren aus der Nabelöffnung hervorragende Spitze der bald obliterirende Ductus omphalo-mesaraicus sich einsenkt. Der Darmschenkel oberhalb jener Einsenkungsstelle wird Dünndarm, der untere Schenkel dagegen im Allgemeinen Dickdarm. Nur das Anfangsstück dieses unteren Schenkels gehört noch dem Ende des Dünndarmes an; die Grenze zwischen Dünn- und Dickdarm wird bald angedeutet durch eine kleine Ausstülpung, den Blinddarm.

Der Ductus omphalo-mesaraicus senkt sich an einer, dem späteren unteren Theil des Ileum's entsprechenden Stelle in den Darm. Noch im 3. Monat ist ein fadenförmiger Rest des längst obliterirten und von der Bauchwand abgerissenen Ductus omphalo-mesaraicus etwas oberhalb des Blinddarmes sichtbar.

Sehr bald drehen sich jene beiden Darmschenkel und bilden eine Schlinge (s. Fig. 162); der bisher untere wird der obere, als Anfang jenes bemerkenswerthen Processes, durch welchen das Colon über den Dünndarm kommt. Im Dünndarm entstehen zahlreiche Windungen, die sich immer mehr nach abwärts senken. Der Blinddarm ist anfangs der Nabelöffnung nahe, und der Dickdarm verläuft in der Medianebene des Abdomens gerade nach rückwärts zur Wirbelsäule, um hier (es ist die Stelle der späteren Flexura sigmoidea coli) in ein, längs der Wirbelsäule abwärts verlaufendes Endstück, den Mastdarm überzugehen. Letzteres behält seine ursprüngliche Richtung und seine Lage in der Medianebene des Körpers ungefähr bei, dagegen macht der Dickdarm seinem Längenwachsthum entsprechende bemerkenswerthe Wanderungen. Er verlässt nämlich zuerst seine primäre Richtung; er tritt aus der Medianebene des Abdomens heraus, richtet sich zugleich auf, legt sich mit seinem unteren Theil (*c''* Fig. 163) an die linke Hinterwand des Abdomens an (wodurch zugleich die Flexur *f* stärker

wird). Mit seinem oberen Theil legt er sich quer, wodurch das Colon descendens und transversum gebildet sind. Der Blinddarm ist jetzt rechts und oben (s. Figur 163). Beim Weiterwachsen zieht, so zu sagen, der untere Theil des Dünndarmes den Anfang des Colon transversum nach abwärts; dadurch entsteht das Colon ascendens und der Blinddarm kommt schliesslich in seine definitive Stelle in der rechten Hüftgegend.

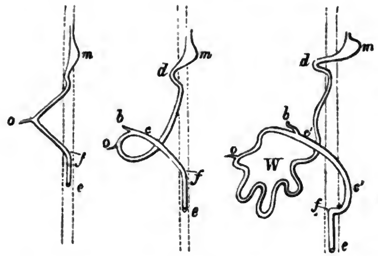


Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163.

Darmrohr von vorn gesehen. In den Fig. 161 und 162 sind die beiden Darmschenkel, welche eigentlich in der Medianebene des Abdomens liegen (also senkrecht zur Papierfläche gedacht werden müssen) nach rechts umgelegt. *m* Magen, in seinen successiven Stellungen und Hauptformen. Durch Aufrichten des Pylorustheiles bei der Querlegung des Magens entstehen die Duodenumknickungen (*d*). *o* Ductus omphalo-mesaraicus (in Fig. 163 ein kleines Rudiment. *W* Dünndarmwindungen, *b* Blinddarm, *c* Colon (*c''* Colon descendens, *c'* Colon transversum; das C. ascendens ist noch nicht gebildet) *f* Flexura sigmoidea, *e* Endstück (Mastdarm).

574. Ausstülpungen des Darmrohres.

Durch Anschwellungen und Ausstülpungen entstehen an bestimmten Stellen adnexe Gebilde des Darmrohres; namentlich die Allantois, die Harnleiter und Nieren, die Drüsen und sonstigen Appendicaltheile des Nahrungsschlauches und der Respirationsapparat.

Die Speicheldrüsen bilden sich frühe, anfangs als solide Wucherungen, die erst später canalisiren. Nach demselben Typus erfolgt die Entwickelung des Pancreas.

Der Athmungsapparat bildet an der Vorderwand des Oesophagus zunächst zwei kleine Ausstülpungen, die wir füglich primitive Bronchien nennen können, welche immer zahlreichere Ausläufer, die Bronchialramificationen treiben. Die Luftröhre entsteht, indem die anfangs gesondert in den Oesophagus mündenden Bronchien ein Stück der Darmwand mit sich herausziehen. Die Lungen sind im Fötalleben, wie auch der Nahrungsschlauch, in einer bloss bildenden Thätigkeit begriffen; die specifischen Funktionen beider Apparate beginnen erst nach der Geburt.

Auch die Schilddrüse und Thymus entstehen, schon im 2. Monat, nach Remak als Ausstülpungen vom Darmrohr, die sich bald von demselben abschnüren. Die Schilddrüse geht von der Mittellinie der vorderen Schlundwand, auf der Höhe des zweiten Visceralbogens, aus als eine relativ grosse Blase, die

sich zunächst in 2 Abtheilungen einschnürt. Weiter unten bildet sich die Thymus als anfangs solider Strang.

Die übrigen sog. Blutgefässdrüsen entstehen nicht vom Darm aus. Die Nebennieren entwickeln sich mit den Nieren, sonst aber unabhängig von diesen und anfangs erheblich grösser. Die Milz entsteht am Ende des 2. Monats in der Nähe der grossen Magencurvatur. Die fötalen Funktionen dieser Organe sind so unbekannt als im Erwachsenen.

575. Leber.

Dieselbe entsteht sehr frühe und zwar in Form zweier hohler zapfenförmiger Auswüchse der Wand des Vorderdarmes: der primitiven Lebergänge. Diese sind nach Remak Auswüchse des Darm-Epitels, die von den äusseren Schichten des Darmes überzogen werden. Die Wände der primitiven Lebergänge senden zahlreiche solide cylindrische Aeste aus, welche unter einander netzförmig sich verbinden und später sich verdicken zu soliden, homogenen, aus Zellen bestehenden Massen, den Leberläppchen, worauf die zur Bildung der Gallengänge führende Canalisation nachfolgt. Die Leber ist am Ende des 2. Monats relativ zum Körper enorm gross. Die Gallenabsonderung beginnt angeblich schon im 3. Monat; in den letzten Monaten des Fötallebens hält die Gallenblase wirkliche Galle. Ueber die Menge des Secretes und dessen Schicksale ist nichts sicheres bekannt. Etwa vom 5. Monat an enthält der Darm einen hellgelben Schleim, in welchem Gallenbestandtheile (Cholesterin und Spuren harziger Gallensäuren) nachgewiesen sind. In den letzten Monaten ist namentlich der Dickdarm gefüllt mit einer dunkelbraunen, geruchlosen, viscösen, meist schwach sauer reagirenden, aus Schleim und zahlreichen Epitelien bestehenden Masse, dem Kindspech (Meconium), das von jeher als ein theilweises Lebersekret betrachtet wurde. Nach Lehmann sollen aber sowohl der Gallenfarbstoff als Gallensäuren in demselben fehlen.

Die Bereitung von Glykogen und Zucker beginnt in der Leber des menschlichen Fötus erst ungefähr am Anfang des letzten Drittels des Uterinlebens. Vor dieser Periode findet sich nach Bernard das Glykogen in besonderen Zellen der Placenta und des Amnion. Auch die Muskeln enthalten Glykogen.

576. Bauchfell und Gekröse.

Bei der Spaltung der Visceralplatten in Darmrohr und definitive Leibeswand wird die, die definitive Leibeshöhle zunächst begrenzende, in der Figur 164 punktirt angegebene, Schicht des Darmrohres *(d)* und der Leibeswand *(l)* zum Bauchfell. Hat sich der Darm zum Rohr geschlossen, so wird er durch eine Duplicatur: das primitive Mesenterium *(m)* längs der Wirbelsäule *(w)* befestigt. Das Bauchfell ist sonach anfangs ein ziemlich einfacher Sack, in dessen Hinterwand, und zwar in der Medianlinie, der Urdarm

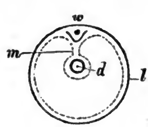


Fig. 164.

eingestülpt ist. Das Urgekrös hat einen geraden Verlauf und theilt die Leibeshöle in zwei gleiche Hälften; je nach dem Wachsthum und den Lageänderungen der einzelnen Theile des Darmes erleidet das primitive Mesenterium weitere Metamorphosen. Der Theil des Darmrohres, welcher sich von der Wirbelsäule, unter gleichzeitigem starkem Längswachsthum und dadurch bedingter Bildung von Windungen, entfernt, zieht sein anfangs kurzes Mesenterium faltenförmig nach (Gekrös des Dünndarmes und des Colon transversum). Legt sich aber ein Darmstück nachträglich wieder an die Bauchwand an (Colon ascendens und descendens), so verstreicht (beim Wachsthum in die Dicke) allmälig seine Gekrösfalte und das Darmstück ist nur theilweis in das Bauchfell eingestülpt.

577. Netze.

Der Theil des primitiven Mesenterium's, welcher zum Magen geht, heisst Magengekrös, Mesogastrium. Dasselbe liegt, wie der Magen, vertikal und zerfällt somit in eine rechte und linke Platte. Die grosse Curvatur des Magens ist aber nach links, die kleine nach rechts gekehrt. Das Mesogastrium setzt sich an die grosse Curvatur so an, dass seine linke Platte über die vordere, die rechte über die hintere Fläche des Magens sich fortsetzt. Am oberen Ende der kleinen Curvatur vereinigen sich die Platten wieder zu einer zur Unterfläche der Leber (und zwar gegen die spätere Fossa transversa hepatis) gehenden Duplicatur: dem Ligamentum gastrohepaticum.

Das Mesogastrium ist also anfangs ein wahres Gekrös, d. h. ein Aufhängeband des Magens; später wird es durch eine Reihe von Joh. Müller beschriebener Metamorphosen zum grossen Netz. Da das Mesogastrium, um die grosse Cuvatur des Magens zu erreichen, sich nach links wendet, so entsteht hinter dem Magen ein Beutel. Der Grund

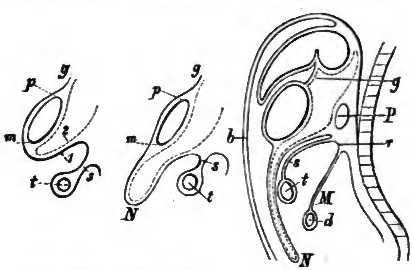


Fig. 165. Fig. 166. Fig. 167.

Senkrechte Durchschnitte. Fig. 165: Mesogastrium nach erfolgter Querdrehung des Magens. Fig. 166. Bildung des grossen Netzes. Fig. 167. Definitiver Zustand.

1 untere, *2* (punktirt gezeichnet) obere Platte des Mesogastrium. * Blinder Grund des Mesogastriumbeutels. *m* grosse, *p* kleine Curvatur des Magens. *g* Ligamentum gastro-hepaticum. *s* Mesocolon transversum. *t* Colon transversum. *d* Dünndarm, *M* dessen Mesenterium (bloss in Fig. 167 angegeben. Die Wurzel des Mesenterium's zieht übrigens vor dem 2. und 3. Lendenwirbel schräg von oben und links nach unten und rechts herab). *N* grosses Netz (4 Platten, an seinem Anfang 6 Platten). *b* Vorderwand des Bauchfelles. *P* Pancreas. (Fig 165 kann auch zur Erläuterung des primitiven Zustandes des Mesogastriums dienen, vor der Querlegung des Magens; die grosse Curvatur des Magens *m* und der Grund * des Mesogastriumbeutels liegen dann links und die Zeichnung ist als horizontaler Querschnitt aufzufassen).

des Beutels muss nach links liegen und wie die grosse Magencurvatur halbmondförmig gekrümmt sein; der anfangs grosse Eingang in den Beutel (die Winslow'sche Spalte) liegt rechts und zwar am unteren Theil der kleinen Curvatur des Magens; die Vorderwand des Sackes bildet der Magen, die Hinterwand das Mesogastrium.

Nun dreht sich der Magen quer. Indem die grosse Curvatur allmälig zur unteren wird und der Pylorus sich erhebt, verändert auch das Mesogastrium seine Insertion an der hinteren Bauchwand und seine Richtung; es wird ebenfalls quer. Dadurch wird auch der Eingang in den Peritonealbeutel hinter dem Magen immer enger (Foramen Winslowii). Der Mesogastriumbeutel verlängert sich alsdann, von seiner Insertion an die grosse Magencurvatur aus, sackförmig nach abwärts; dadurch entsteht der Beutel des grossen Netzes, das, wie man sieht, aus 4 Platten zusammengesetzt ist, die später verwachsen. Das Colon richtet sich immer mehr bogenförmig nach aufwärts; dadurch kommen die Insertionen des Mesocolon transversum und des grossen Netzes einander immer näher. Im vierten Monat verwächst endlich der obere Theil der Hinterwand des Netzbeutels mit dem Mesocolon transversum (Meckel).

578. Harnwerkzeuge.

Der untere Theil der Allantois erweitert sich und wird Harnblase. Der obere in der Bauchhöle zurückbleibende, also zwischen Harnblase und Nabel liegende Theil der Allantois: Urachus genannt, bleibt eng, um sich später ganz zu schliessen. In einzelnen Fällen erfolgt dieser Verschluss nicht und der Urachus bleibt während des ganzen Fötallebens selbst bis in den Anfang des Nabelstranges offen.

Die Allantois vereinigt sich anfangs mit dem untersten Abschnitt des Darmes zu einer gemeinsamen Höle, die, bei vielen Wirbelthieren Zeitlebens fortbestehende, Kloake; bald aber bildet sich eine Scheidewand zwischen beiden: das Mittelfleisch, welches den untersten Theil des Darmes von dem, nunmehr Sinus uro-genitalis genannten gemeinschaftlichen Ausführungscanal des Harn- und Genitaliensystemes trennt.

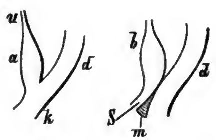


Fig. 168. Fig. 169.

k Kloake, *d* Darm, *a* Allantois, *u* Urachus, *S* Sinus urogenitalis, *m* Mittelfleisch.

Die Nieren sind nach Remak Ausstülpungen der Kloake (resp. später der Allantois). Jede Ausstülpung besteht aus einem Canal, dem Harnleiter; einer Erweiterung, dem Nierenbecken und mehreren von diesem ausgehenden kolbenförmigen Hölen: den Nierenkelchen. Von letzteren sprossen sodann büschelförmig die anfangs soliden Harnkanälchen aus.

Früher betrachtete man die Nieren als selbstständige Bildungen an der Innenseite der Bauchwand.

579. Uranlage der inneren Genitalien.

Die inneren Geschlechtswerkzeuge erleiden unter allen embryonalen Gebilden wohl die grössten Veränderungen während ihrer Entwickelung.

Zu den merkwürdigsten Organen des Embryo gehören die beiden, längs der Wirbelsäule liegenden Wolff'schen Körper. Sie entstehen sehr frühe und sind, da sie vom Herzen bis zum Schwanzende reichen, relativ sehr gross. Jedes dieser Organe besteht aus einem langen, oben blind endenden Gang, in welchen sehr zahlreiche, mit einem Flimmerepitel ausgekleidete Blinddärmchen ungefähr unter rechten Winkeln einmünden. Die Wände der Blinddärmchen sind sehr gefässreich und, wie Rathke zeigte, mit Bildungen versehen analog den Malpighi'schen Gefässknäueln der Nieren. Die beiden Wolff'schen Gänge münden in (die Kloake, später) den Sinus urogenitalis. Das Secret dieser Körper ist Harn (Harnsäure ist nachgewiesen), es sammelt sich an in der Allantois. Bald aber werden diese, auch Vornieren genannten, ersten Excretionsorgane des Embryo von den Nieren überholt; sie verschwinden beim Menschen besonders früh, schon im 3. Monat, gewisse Theile jedoch finden Verwendungen zu persistirenden Bildungen.

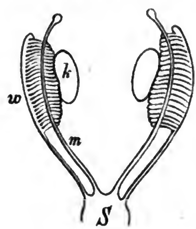


Fig. 170.

S Sinus uro-genitalis, *w* Wolff'scher Körper, *m* Müller'scher Gang, *k* Keimdrüse.

In der 7. Woche entstehen neben der Wirbelsäule, am inneren Rande der Wolff'schen Körper, die beiden Keimdrüsen als anfangs noch indifferente ovale Massen. Später werden sie entweder Hoden oder Eierstöcke. Bald bildet sich jederseits ein von Joh. Müller entdeckter, neben dem Ausführungscanal des Wolff'schen Körpers herablaufender Gang, der oben geschlossen ist und unten in den Sinus urogenitalis mündet.

Zur Erläuterung der in 580 und 582 betrachteten Differenzirung der inneren Genitalien stellen wir die Schemata beider Geschlechter schon hier neben einander.

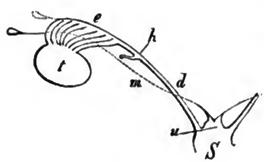


Fig. 171.

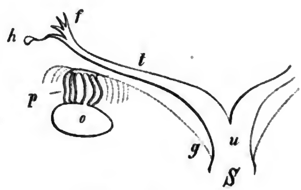


Fig. 172.

S Sinus urogenitalis. Die verschwindenden Theile sind punktirt angedeutet.

Fig. 171. **Männliches Geschlecht.** *t* Hoden, *e* Nebenhoden, *h* Vas aberrans. *d* Vas deferens, der frühere Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers (*m* Müller'scher Gang), (*u* Uterus masculinus).

Fig. 172. **Weibliches Geschlecht.** *o* Eierstock, *p* Parovarium (*g* Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers: Gartner'scher Canal in gewissen Species). *t* Tuba, der obere Theil des früheren Müller'schen Ganges. *f* deren Fimbrien, *h* Hydatide. *u* Uterus, als unterer Theil des Müller'schen Ganges.

580. Innere männliche Genitalien.

Bloss die mittleren Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers erlangen eine hohe physiologische Bedeutung, sie verbinden sich nämlich mit der Keimdrüse; sie schlängeln sich, wachsen weiter und stellen den Kopf des Nebenhodens dar. In der Keimdrüse entstehen gleichzeitig die Samenkanälchen. Die oberen Blinddärmchen aber verschwinden, oder werden rudimentäre Bläschen neben dem Kopf des Nebenhodens. Die unteren Wolff'schen Blinddärmchen verschwinden ebenfalls oder entwickeln sich zu den Vasa aberrantia Halleri. Der Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers entwickelt sich, durch Weiterwachsen und Schlängelung, zum Canal des Nebenhodens, in seinem unteren Theil aber zum Samenleiter. Jeder Samenleiter mündet in den Sinus urogenitalis; letzterer streckt sich später zum Anfangsstück der Harnröhre; alsdann münden die beiden Samenleiter am Caput gallinaginis. Durch Ausstülpung der Urethra entsteht an dieser Stelle später die Prostata und durch einen gleichen Process am Ende des Samenleiters die Samenblase jederseits.

Die Müller'schen Gänge schwinden dagegen fast vollständig. Vom oberen Theil erhält sich nach Kobelt nur ein kleines Fädchen, nebst dem zur Morgagni'schen Hydatide (des Nebenhodens) ausgedehnten Endkölbchen. Der mittlere Theil geht zu Grunde, der unterste dagegen vereinigt sich mit dem der andern Seite zur Bildung eines kleinen von Morgagni beschriebenen Bläschens: der Vesicula prostatica, das in der Mitte das Caput gallinaginis mündet. Bei einigen Thieren, z. B. Biber, kommt dasselbe zu relativ stärkerer Entwickelung; es ist das Analogon des Uterus (E. H. Weber).

581. Herabsteigen der Hoden.

In beiden Geschlechtern treten die, anfangs sehr hoch liegenden Keimdrüsen nach abwärts; die Eierstöcke jedoch viel weniger als die Hoden, welche im 8. Monat die Bauchhöhle verlassen, um in den Hodensack einzutreten. Bei manchen Säugethieren, z. B. Nagern, wandern die Hoden selbst vielmals; sie verlassen während der Brunst die Bauchhöhle, um nachher wieder in dieselbe zurückzutreten; ein Process, der, wie E. H. Weber zeigte, in allem Wesentlichen derselbe ist, wie der fötale Descensus testiculorum.

Der Hoden liegt in der Spitze einer dreieckigen, gekrösartigen Bauchfellduplicatur, dem Mesorchium. Dieses verlängert sich mit seiner Basis allmälig bis zu der Stelle, wo der Leistencanal später entsteht. An dieser Stelle bildet sich, nach E. H. Weber, zwischen den Bündeln der Bauchmuskeln ein

geschlossener, vom Bauchfell ganz unabhängiger seröser Sack: das Leitband Hunter's. Der obere (in den Figuren punktirte) Theil dieser Blase wächst in die Bauchhöhle hinein, drängt dadurch die beiden Lamellen des Mesorchium, mit denen er verwächst, auseinander und erreicht das untere Ende des Hodens. Auf die Aussenfläche des nach aufwärts wachsenden Sackes legen sich zugleich Muskelfasern an, die namentlich vom Musc. obliquus internus ausgehen. Der untere (in den Figuren mit ausgezogener Linie gezeichnete) Theil der Blase wächst in den Hodensack herab und bahnt, indem er denselben erweitert, dem Hoden den Weg.

Nunmehr stülpt sich der Bauchtheil der Hunter'schen Leitblase in den Hodensacktheil hinein. Diese Einstülpung beginnt von unten her, an dem im vorderen Leistenring liegenden Theil der Blase; die Mesorchiumplatten folgen dem eingestülpten Theil der Blase nach, da sie mit dieser verwachsen sind. Endlich ist das ganze Mesorchium eingestülpt mit Ausnahme seiner Spitze, welche den Hoden, von Anfang an, umhüllte. Als hauptsächlichsten Faktor bei diesem Process bezeichnet Weber die Muskulatur des Leitbandes, die von ihrem Punctum fixum, dem vorderen Leistenring aus, wirke.

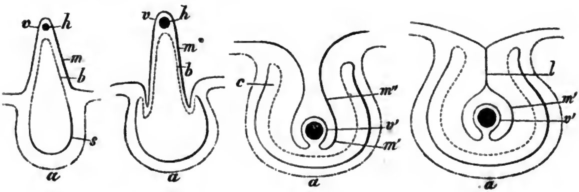


Fig 173. Fig. 174. Fig. 175. Fig. 176.

h Hoden, liegend in der Falte des Mesorchium. *v* den Hoden unmittelbar überziehender Theil des Mesorchiums, in Fig 175 und 176 viscerales Blatt *v'* der Tunica vaginalis propria. *m* mit dem Leitband verwachsender Theil des Mesorchiums (*m'* äusseres Blatt der Tunica vaginalis propria; *m''* Scheidenfortsatz, *l* Ligamentum vaginale). *b* Bauchtheil, *s* Hodensacktheil des Leitbandes (*c* Tunica vaginalis communis). *a* Aeussere Scrotalhaut.

Nach vollendetem Descensus unterscheidet man unter den allgemeinen Bedeckungen des Hodens 1) die gemeinsame Scheidenhaut, ursprünglich bestehend aus den 2 Blättern des eingestülpten Leitbandes, die von Muskelfasern, dem Cremaster, verstärkt werden. 2) Das in das Scrotum herabgetretene Mesorchium, und zwar a) dessen nicht umgestülptes, den Hoden zunächst überziehendes Ende: das viscerale Blatt (Tunica adnata) der Scheidenhaut des Hodens und b) den umgestülpten Theil des Mesorchium's: den sog. Scheidenfortsatz, dessen Canal offen cummunicirt mit der Höhle des Bauchfelles (sodass Gedärme in den Hodensack eintreten können: angeborener Leistenbruch). Dieser Canal schliesst sich, meist erst nach der Geburt, vollständig und zwar vom Hoden bis zum Leistencanal, um sodann als Scheidenband (Ligamentum

vaginale) zurückzubleiben oder ganz zu Grunde zu gehen; nur der den Hoden überziehende Theil besteht als äusseres Blatt der Scheidenhaut des Hodens fort. Die Tunica vaginalis propria testis ist demnach ein förmlich abgeschnürter Theil des Bauchfelles. Die beistehenden, ganz schematisch gehaltenen Figuren, versinnlichen das Geschilderte.

582. Innere weibliche Genitalien.

In der zum Ovarium sich umgestaltenden Keimdrüse bilden sich die Anfänge von Graaf'schen Follikeln. Der Müller'sche Gang wird im oberen Theile zur Tuba; nahe an seinem Ende entsteht eine Oeffnung: die Bauchöffnung der Tuba; das geschlossene Ende des Ganges wird eine kleine bleibende Hydatide. Die unteren Enden beider Müller'schen Gänge verschmelzen (Serres, Thiersch) zu einem gemeinsamen Canal: Scheide und Uterus; die Verschmelzung geschieht von unten her und reicht hinauf bis zum Abgang der Hunter'schen Leitbänder (der späteren runden Mutterbänder). Noch im 4. Monat ist der Uterus, wie in vielen Säugethieren zeitlebens, in 2 Hörner getheilt, von deren Enden aus die Tuben entspringen. Erfolgt die Verschmelzung abnormer Weise nicht, so entsteht ein Uterus duplex mit gedoppelter Scheide.

Der Wolff'sche Körper geht beim Weib fast vollständig zu Grunde. Nur einige Blinddärmchen desselben verbinden sich mit dem Ovarium und stellen das Rosenmüller'sche Organ dar, ein in dem breiten Mutterband zwischen dem Eierstock und Eileiter (im Fledermausflügel) liegendes Analogon des Nebenhodens, das Parovarium Kobelt's. Die oberen Blinddärmchen verschwinden oder werden zum Theil kleine Hydatiden. Die Wolff'schen Ausführungsgänge gehen ebenfalls zu Grunde; bei manchen Säugern, z. B. Wiederkäuern, persistiren sie als Gartner'sche Canäle.

583. Aeussere Genitalien.

In der 5. bis 6. Woche entsteht vor der Kloakenmündung ein Wärzchen, welches nach der Bildung des Mittelfleisches vor der Mündung des Sinus urogenitalis liegt. An der Unterfläche erhält das Wärzchen eine Rinne, deren beide Ränder nach rückwärts laufen und jederseits von einem Hautwulst begrenzt werden. Der Geschlechtsunterschied an den äusseren Genitalien beginnt erst im Anfang des 3. Monats.

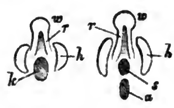


Fig. 177. Fig. 178.

w Wärzchen (Penis resp. Clitoris). *r* Ränder der Rinne. *h* Hautwülste (Scrotum, resp. Labia majora). *k* Kloakenöffnung. *s* Sinus urogenitalis. *a* Aftermündung.

Männliches Geschlecht. Das Wärzchen entwickelt sich zum Penis; die Ränder seiner Rinne beginnen in der 10. Woche und zwar von hinten her miteinander zu verwachsen zur Bildung des Gliedtheiles der Harnröhre; der Sinus urogenitalis dagegen verlängert sich zum Anfangsstück der Harnröhre. Im 4. Monat beginnt am Penis die vordere Anschwellung zur Eichel; im 7. Monat entsteht, als Faltung der Penishaut,

das Präputium. Die zwei Hautwülste (*h* der Figuren) wachsen einander, während der Urethrabildung, entgegen zur Bildung des Hodensackes; die mediane Vereinigungsstelle der Hautwülste wird zur Raphe scroti.

Weibliches Geschlecht. Das Wärzchen, dessen Rinne sich nicht schliesst, bleibt relativ zurück; es wird Clitoris. Die Ränder der Clitorisrinne bleiben getrennt als die späteren kleinen Schaamlippen. Auch die seitlichen Hautwülste (*h* der Figuren) verwachsen nicht; sie werden die grossen Schaamlippen. Die Clitoris erhält an ihrer Spitze nur eine kleine eichelartige Anschwellung, die durch eine präputiumförmige Falte, welche von den kleinen Schaamlippen entspringt, theilweise gedeckt wird. Der Sinus urogenitalis bleibt kurz, als Atrium vaginae, in welches die kurze Harnröhre (Allantoisanfang) und die Vagina sammt Uterus (verschmolzene Müller'sche Gänge) münden.

Die Entwickelung der Milchdrüsen gehorcht dem Bildungsplan der übrigen Drüsen der Haut. Nach Kölliker entsteht im 4. Monat eine kegelförmige Epitelialwucherung nach einwärts, die von einer eingestülpten Cutislage überzogen wird. Der Kegel treibt später solide Sprossen, die sich weiter verästeln, canalisiren und am Ende des Fötuslebens an ihrer Basis aus einander treten und auf der Hautoberfläche sich öffnen.

584. Rückblick auf die Genitalienentwickelung.

In ihrer ersten Anlage zeigen die inneren und äusseren Genitalien, deren Entwickelung besonders von C. F. Wolff, Tiedemann, Rathke, Joh. Müller, Kobelt, E. H. Weber und Thiersch untersucht worden ist, eine, wenigstens in ihrem morphologischen Verhalten, vollständige Identität; aber auch nach den späteren definitiven Metamorphosen lassen sich, trotz aller, oftmals grossen, Unterschiede der Formen und Funktionen, noch die merkwürdigsten Analogien in beiden Geschlechtern nachweisen. Beim Weib entsteht keine Verbindung zwischen dem Geschlechtsausführungsgang (Tuba) und der Keimdrüse, wohl aber beim Mann; dagegen bildet sich beim Weib nahe am oberen Ende jenes Ausführungsganges eine Oeffnung. Die Region der Genitalien, wo Links und Rechts zusammenstossen, um unpaarig zu werden, ist beim Weib der Uterus, dessen männliches Analogon physiologisch unbedeutend ist. Beim Mann kommen dagegen mehr symmetrische Theile der äusseren Genitalien in der Medianlinie zur Vereinigung. Die folgende Tabelle soll die Vergleichung erleichtern; die Theile von geringer physiologischer Dignität oder zurückstehender morphologischer Entwickelung sind eingeklammert.

Indifferenzzustand.		Mann.	Weib.
Keimdrüse.		Hode.	Eierstock.
Wolff'scher Körper.	Ausführungsgang	Samenleiter.	(Gartner'scher Canal.)
	Blinddärmchen	Nebenhoden.	(Nebeneierstock.)
Müller'scher Gang.		(Vesicula prostatica s. Uterus masculinus.)	Tuba und Uterus sammt Vagina.
Sinus urogenitalis.		Pars prostatica et membranacea Urethrae.	Vestibulum vaginae.
Geschlechtswärzchen.		Penis.	Clitoris.
Rinne des Geschlechtswärzchens.		Ränder des Ruthentheils der Urethra.	Labia minora.
Hautwülste der Geschlechtsorgane.		Hodensack.	Labia majora.

585. Ursache der Geschlechtsdifferenzirung.

Das Verhältniss der männlichen und weiblichen Individuen bietet in der Thierwelt die grössten Verschiedenheiden dar, doch so, dass für jede Art dieses Verhältniss ein festbestimmtes, mit dem Begriff der Species unauflöslich verbundenes ist. Diese Regelmässigkeit ist aber ein ungelöstes Problem der Physiologie. Beim Menschengeschlecht kommen auf 100 weibliche ungefähr 105 männliche Geburten. Man kann vorerst nur eine beschränkte Anzahl nicht einmal sehr eingreifender, entfernter und äusserer Ursachen aufstellen, so namentlich das von Aristoteles hervorgehobene Alter der Zeugenden, deren Körperconstitution (das kräftigere Individuum des Elternpaares hat eine gewisse Präponderanz, nach Girou de Buzareingues), Art der Ernährung, Jahreszeiten u. s. w.; bei Erstlingsgeburten ferner wenn die Mutter älter ist als der Vater (Hofacker), sind Mädchen relativ etwas häufiger. So gross aber auch der Einfluss der Eltern auf deren Nachkommenschaft sein kann, so sind sie doch, was die Entstehung der Geschlechter betrifft, nur von sehr untergeordneter Wirkung; bei den Fischen gehen aus einer Zeugung Tausende von männlichen und weiblichen Thieren hervor, und Zwillinge zweierlei Geschlechtes sind häufig beim Menschen. Die Ursachen der geschlechtlichen Differenzirung müssen demnach viel tiefer liegen.

586. Knochenentwickelung überhaupt.

Die Knochen zerfallen in zwei Gruppen:

I) Knorpelig präformirte Knochen. Hieher gehört die grosse Mehrzahl, nemlich 1) Wirbelsäule sammt Rippen und Brustbein, 2) die Extremitätenknochen und 3) das sogen. Primordialcranium, d. h. die Knochen der Schädelbasis.

Die Knochenknorpel bilden sich aus den ursprünglichen embryonalen Bildungszellen; sie sind ausgezeichnet durch ihren grossen Reichthum an Knorpelzellen; beim Kochen geben sie Chondrin. Die fertigen Knorpel zeigen bereits die wesentlichen Formen der späteren Knochen. Die Verknöcherung als körnige Ablagerung von Kalksalzen beginnt von bestimmten Stellen aus, den sogen. Ossificationspunkten, deren Zahl in den einzelnen Knochen sehr verschieden ist (1 oder wenige, bis 12 oder 16 und noch mehr).

Manche Knochenknorpel bilden sich sehr frühe, zuerst die Knorpel der Wirbelsäule, Schädelbasis und die der 2 ersten Kiemenbögen; zuletzt die der Extremitäten. Die Osteose der Knorpel beginnt im Aufang des dritten Monates und zwar in anderer Reihenfolge als die Chondrose; zuerst im Unterkiefer und den langen Extremitätenknochen; zuletzt in der Wirbelsäule und den Schädelknochen.

II) Die nicht knorpelig präformirten Knochen entstehen aus einer bindegewebigen Grundsubstanz (Rathke, Sharpey, Bruch, Kölliker). Hieher gehören 1) das Schlüsselbein (Bruch), und 2) alle nicht zum Primordialcranium zu rechnenden Schädelknochen, d. h. das Dach und die Seitentheile des Hirnschädels und die Gesichtsknochen.

Sharpey und H. Müller zeigten, dass auch die Knochen der ersten Klasse niemals direct aus Knorpeln entstehen, und dass in beiden, scheinbar so verschiedenen Fällen der Process der Osteose in allem Wesentlichen derselbe ist. Sämmtliche Körpertheile, welche von ihrer ersten Bildung an eine festere Grundlage bedürfen, erhalten die resistenteren Knorpel als Vorläufer der späteren Knochen.

Wegen der histologischen Charaktere der Processe, der Chondrose und Osteose und der speciellen Entwickelung der einzelnen Knochen siehe die anatomischen Lehrbücher. Die hauptsächlichsten Gesichtsknochen wurden schon in 552 kurz erwähnt; es sind hier nur die Wirbel- und Hirnschädelknochen zu betrachten.

587. Chorda dorsalis.

Die Wirbelsäule und Schädelbasis bilden sich unter der Primitivrinne im mittleren Keimblatt. Zuerst unterscheidet man (bei allen Wirbelthieren) einen cylindrischen Streif, der von der Basis des Vorderhirns bis zum hintern Ende des Rückenmarkes verläuft: die Rückensaite, Chorda dorsalis v. Bär's (c. Fig. 134). Sie besteht aus einer durchsichtigen Scheide und ziemlich grossen, innig zusammenhängenden embryonalen Bildungszellen; ihr vorderes Ende ist abgerundet, ihr hinteres zugespitzt. Die Bedeutung der Chorda ist eine rein mechanische; sie stellt in der ersten Zeit ein solides Axengebilde dar, als Stützpunkt für die Entwicklung der übrigen Embryonaltheile. Aus der, die Scheide der Chorda umgebenden Belegmasse bilden sich die knorpeligen Anlagen der Schädelbasis und der Wirbel sammt deren Bändern. Direct also ist die Chorda an diesen Bildungen nicht betheiligt; sie geht in den höhern Wirbelthieren vollständig zu Grunde; blos bei den Fischen hat sie eine mehr als embryonale Bedeutung und stellt ein perennirendes Gebilde dar.

Reste der Chorda können, wie das bei allen embryonalen Bildungen der Fall ist, auch nach der Geburt eine Zeit lang fortbestehen. H. Müller entdeckte solche im Steissbein, Epistropheus und Clivus.

588. Wirbelsäule.

Das Blastem zu beiden Seiten der Chorda dorsalis (das vordere Ende der letzteren ausgenommen) verdichtet sich an bestimmten Stellen sehr frühe zu kleinen, dunkelen, viereckigen, symmetrisch einander gegenüberstehenden Plättchen. Dieselben nehmen rasch an Zahl und Grösse zu, und je zwei wachsen ringförmig um die Chorda herum, einander entgegen, und stellen nach ihrer Vereinigung die bald knorpelig werdende Anlage eines Wirbelkörpers dar. Die Chorda wird dadurch immer mehr eingeengt und geht, wie bemerkt, später vollständig zu Grunde. Während des Entgegenwachsens der Wirbelplättchen entstehen 1) jederseits eine entsprechende Zahl von Wucherungen in die Masse der Rückenwülste: die Anfänge der Wirbelbogen, die sich später schliessen und 2) seitliche Ausstrahlungen: die Anlagen der Querfortsätze. Die Querfortsätze bestimmter Wirbel wuchern stärker in die Masse der Visceralplatten hinein und gliedern sich ab; der vordere Theil wird Rippe, der hintere eigentlicher Querfortsatz. Jn den wahren Wirbeln beginnt die Verknöcherung etwas früher in den Bögen (12. Woche), als in den Wirbelkörpern; umgekehrt verhalten sich die falschen Wirbel. Das Steissbein ist beim Neugebornen noch knorpelig.

Ueber die Einzelheiten, namentlich der Verknöcherung und über die Deutung der 2 obersten Wirbel — der Zahnfortsatz des Epistropheus, durch welchen die Chorda dorsalis geht, ist der erste Wirbelkörper, Bergmann — muss auf die Lehrbücher der Anatomie verwiesen werden.

589. Schedelknochen.

Das Primordialcranium (Rathke, Jacobson, Kölliker, Virchow), stellt eine vielgestaltige, anfangs zusammenhängende Knorpelmasse dar. Nur wenige Theile derselben, namentlich die Nasenknorpel, verharren in dem primitiven Zustande, während die übrigen ossificiren und (im Menschen) die Grundlage des grössten Theils des Hinterhauptbeins, des Keilbeins, Schläfenbeins (die Schuppe ausgenommen), Siebbeines und der unteren Muschel darstellen. Auch die Knorpel der Visceralbogen sind Ausläufer des Primordialcraniums.

Von besonderem Interesse sind die mittleren Theile des Schädelgrundes, deren Entwicklung einige allgemeine Analogien bietet mit den Wirbelkörpern (daher der Name Schädelwirbel). Der vorderste Theil der Chorda dorsalis wird von einem Blastem umwachsen, welches die knorpelige Anlage der mittleren Theile des Schädelgrundes darstellt. Diese medianen Theile sind: 1) das Basilare occipitale, entsprechend der Pars basilaris ossis occipitis, 2) das Basilare sphenoideum posticum = Körper des hintern Keilbeins, 3) Basilare sphenoideum anticum = Körper des vorderen Keilbeins. Die Seitentheile des Occipitalbasilarknorpels sind die Gelenktheile und untere Hälfte der Schuppe des Hinterhauptsbeines. Das Hinterhauptsbein erinnert somit, da es zu einem Ring geschlossen ist, noch am ehesten an die Wirbel. Das Sphenoideum posticum giebt die grossen, das Sphenoideum anticum die kleinen Flügel des Keilbeines ab. Die beiden vorderen Basilarknochen schliessen sich also bei weitem

nicht zu einem Ring. Die Ausfüllung geschieht durch Knochen, welche dem Primordialcranium nicht angehören. Alle oben nicht aufgezählten Hirn- und Gesichtsschädelknochen sind demnach nicht knorpelig präformirt.

590. Stoffwechsel des Fötus.

Die befruchtende Einwirkung des Samens gibt den Anstoss zu den chemischen Umsetzungen des Dotters, die zur Bildung der Keimhaut und der ersten Embryonalanlage führen. Diese Thätigkeiten beruhen zunächst auf regen endosmotischen Processen der schnell sich vermehrenden embryonalen Bildungszellen; bei der Kleinheit des Raumes reicht die Endosmose vollkommen hin zur Unterhaltung des Stoffumsatzes. Der Dotter erfährt aber auch eine, relativ sehr erhebliche, Massenzunahme, indem er durch die Wand der Zona pellucida Stoffe aus den Umgebungen des Eies aufnimmt.

Mit dem Auftreten des ersten Kreislaufes werden die Bestandtheile der Nabelblase (Dotterblase) von den Nabelgefässen aufgesaugt und dadurch schneller zum Aufbau von Embryonaltheilen verwendet, während zugleich die endosmotische Aufnahme von mütterlichen Säften (aus der Schleimhaut des Uterus) in gesteigertem Maasse fortbesteht.

Während des zweiten Kreislaufes ist die Placenta das Organ, welches die endosmotischen Wechselwirkungen zwischen dem Blute der Mutter und des Fötus vermittelt. Das fötale Capillarblut giebt Stoffe (absorbirte Gase und gelöste feste Bestandtheile) ab in das Blut der Mutter und nimmt aus letzterem welche auf.

Ueber das Maass des fötalen Stoffwechsels haben wir keine directen Anhaltspunkte für die Säuger, wohl aber für die Vögel. Das sich entwickelnde Hühnchen erhält nämlich seinen Bedarf an Eiweisskörpern, Fetten, Mineralsubstanzen und Wasser in dem Ei selbst (und zwar im Weissen wie im Dotter — dem sogenannten Nahrungsdotter, im Gegensatz zu dem kleinen Bildungsdotter, dem Analogon des Dotters der Säuger —). Dies beweist, dass zum Aufbau des Vogelfötus und zur Erhaltung seiner Funktionen nur relativ kleine Mengen Stoffmaterialien nothwendig sind. Das Vogelei empfängt während der Bebrütung von Aussen nichts als atmosphärischen Sauerstoff und gibt dafür ab Kohlensäure und Wasser (von welch' letzterem ein Theil im Ei selbst sich gebildet hat). In irrespirabelen Gasen entwickeln sich die Vogeleier nicht. Die Eiweisskörper werden verwendet zum Aufbau der Organe und unterliegen in keinem auffallenden Grade einer regressiven Metamorphose; nur von den Fetten schwindet ein beträchtlicher Theil. (Prout, Prevost und Morin, Baudrimont und St. Ange, Sacc.)

Ob die Normen, welche für das Vogelei unläugbar gelten, auch auf das Säugethier übertragen werden dürfen, muss unentschieden gelassen werden. Der Vogelfötus wird jedenfalls aus relativ geringen Mengen Baumaterialien aufgebaut, von denen nur ein kleiner Theil der regressiven Metamorphose (der Kohlensäure und Wasserbildung) verfällt.

591. Wärme des Fötus.

Die äussere Wärme (der Luft oder des Wassers) ist von Einfluss auf die Entwicklung der Embryonen der eierlegenden Thiere. Den Embryonen der sog. Warmblüter wird die nöthige Wärme mitgetheilt durch die Mutter und zwar beim Vogel mittelst der Bebrütung (die auch ersetzt werden kann durch die Wärme der Brutmaschine), beim Säugethier durch den Uterus der Mutter. Eine gewisse Wärmemenge entwickelt übrigens auch der Fötus, doch ist dieselbe nur gering.

Frische, keimfähige Vogeleier zeigen einen, freilich nur sehr schwachen, Gaswechsel (Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe); auch haben sie dieselbe Temperatur wie das umgebende Medium, aber sie kühlen sich in der Kälte etwas weniger schnell ab und erwärmen sich in der Wärme nicht so schnell als nichtkeimfähige Eier (Volkmann). Die Temperatur des bebrüteten Eies hängt ab von der Wärme des Brütofens, aber sie ist doch nicht ganz ausschliesslich eine mitgetheilte; v. Bärensprung erhielt an solchen Eiern einen, die Temperatur des Brütofens (30—31°) um etwa $\frac{1}{4}$° R. übersteigenden Wärmegrad.

Eine geringe Wärmeentwicklung des Vogeleies ist demnach nicht zu läugnen. Derselbe Forscher fand auch den schwangeren Uterus von Kaninchen und Hunden um fast 1° R. wärmer als den nicht schwangeren; ein Theil dieses Unterschiedes kann jedenfalls auf eine embryonale Wärmequelle zurückgeführt werden. Der Stoffumsatz, die Abkühlung und die Muskelthätigkeiten (abgesehen von der Arbeit des Herzens) des Embryo sind übrigens nur unbedeutend, alles also Momente, welche die geringe Wärmebildung desselben erklärlich machen.

592. Hirnblasen.

Die Bildung der Primitivrinne durch die sogen. Rückenwülste, die Schliessung der letzteren zum Medullarrohr, dessen innere Schichte die Anlage des Hirnes und Rückenmarkes darstellt, und die Auftreibungen und Einschnürungen des vorderen Theiles dieser Markröhre, d. h. die Bildung der primären Hirnblasen mussten schon früher geschildert werden, namentlich bei der Darstellung der embryonalen Axengebilde und der äusseren Schedelform. Die drei Hirnblasen sind folgende:

I) Primäre Vorderhirnblase. Dieselbe repräsentirt in ihrer Uranlage, wenn man will, gewissermassen die Höle des dritten Ventrikels. Aus ihrer oberen und vorderen Wand wachsen alsbald 2 Bläschen hervor: das Vorderhirn; der Rest der primären Hirnblase heisst dann Zwischenhirn. 1) Das Vorderhirn ist die Grundlage der Hemisphären des Grosshirnes, der Streifenhügel und des Balkens. (Durch Ausstülpung gibt das Vorderhirn auch die primäre Augenblase und die Geruchsnerven ab). 2) Das Zwischenhirn bildet die Grundlage der Sehhügel.

II) Die Mittelhirnblase zerfällt nicht in secundäre Blasen; ihre Cavität stellt die Sylvius'sche Wasserleitung dar; die Markmasse wird zu den Vierhügeln (und Hirnschenkeln zum Theil).

III) Die primäre Hinterhirnblase bleibt, im Gegensatz zu den zwei andern Blasen, am hinteren Theil ihrer obern Wand sehr dünn, sodass sie daselbst offen, d. h. nicht mit Markmasse geschlossen scheint. Sie bildet den vierten Ventrikel mit seinen Umgebungen. In der Mitte entsteht ein nach vorn vorspringender Knick, wodurch die Hinterhirnblase in eine vordere Abtheilung, das sogen. Hinterhirn (die Grundlage des Kleinhirns), und eine hintere Abtheilung, das Nachhirn (verlängertes Mark) geschieden wird. Durch Verdickung an jenem Knick entsteht die Brücke.

Diese 3, resp. 5, sowohl unter sich als mit dem Rückenmarkskanal kommunicirenden Markblasen schliessen in ihrer Höhlung eine Flüssigkeit ein. Die besonders von Tiedemann, Meckel, v. Bär und Bischoff untersuchten Metamorphosen beruhen vorzugsweise darauf, dass die Blasen sich erweitern und ausbiegen, namentlich nach bestimmten Richtungen (die hauptsächlichsten Hirnbiegungen sind schon 550 erwähnt); dass sie sich mehr oder weniger abschnüren und ihre Wandungen, unter gleichzeitiger Zunahme der Consistenz des Marks, verdicken, wodurch die ursprüngliche Höhlung immer beschränkter wird. Es ist nun unsere Aufgabe, den definitiven Bau des Gehirnes aus seiner allmäligen Entwicklung wenigstens in den Hauptzügen kurz abzuleiten.

593. Vorderhirn.

Die Hemisphärenbläschen stellen, wie schon bemerkt, das Vorderhirn dar. Die Bläschen dehnen sich aus, wobei sie anfangs noch vollkommen glatt bleiben und besonders stark nach rückwärts wachsen. Gleichzeitig verdickt sich ihre Wandung immer mehr und durch besonders starke Massenvermehrung am Boden entsteht als halbmondförmige konvexe Anschwellung der Streifenhügel jederseits. Im 4. und 5. Monat bedecken die nach rückwärts wachsenden Hemisphären das Mittelhirn (Vierhügel) immer mehr, um später sogar über das Hinterhirn zu wachsen. Dieses für die höheren Säugethiere, namentlich aber den Menschen charakteristische bedeutende Wachsthum der Hemisphärenblase veranlasst die Windungen derselben (v. Bär), ein im Anfang des 4. Monates langsam beginnender und erst im 9. Monate zum Abschluss kommender Process. Die grosse Einkerbung der Hemisphärenblasen (Sylvius'sche Grube) beginnt ebenfalls im 4. Monat.

594. Zwischenhirn.

Das Zwischenhirn wächst bei Weitem nicht so stark; an seinen beiden Seitenwänden entsteht eine starke Markablagerung, die Sehhügel, wodurch die einfach bleibende Höhle von der Seite her immer mehr zu dem in der Medianebene des Körpers liegenden, verticalen Hohlraume der dritten Hirnhöhle verengt wird. Der in der Medianlinie liegende Theil der oberen Wand des Zwischenhirns wächst jedoch weniger stark, d. h. er wird nicht zur Bildung der Sehhügel mit verwendet; dadurch entsteht eine Furche, welche bald aufbricht. Nur das hintere Ende dieses Daches spaltet sich nicht und verbleibt als Commissura posterior.

Diese Oeffnung des 3. Ventrikels wird aber bedeckt durch das nach rückwärts gewachsene Vorderhirn (s. 593).

Das Vorderhirn ist (s. 592) eine Protuberanz der oberen, vorderen Wand der primären Vorderhinblase: die Basis der letzteren bleibt ungetheilt und wird zum Hirntrichter, welcher demnach das vordere Ende des ursprünglichen Hirn- und Rückenmarkkanales darstellt. Der Trichter wird durch das starke Wachsthum der Hemisphären immer mehr nach unten und rückwärts gedrückt und erscheint somit als eine directe Verlängerung des Zwichenhirnes nach unten.

595. Höhlen der Hemisphärenblasen des Grosshirnes.

Indem die Hemisphärenblasen nach rückwärts wachsen, verlängern sich auch deren Höhlen in dieser Richtung, d. h. ungefähr horizontal von vorn nach hinten und parallel unter sich. Diese Höhlen stellen die Seitenventrikel dar. Wir nehmen vorerst an, dieselben seien in ihrem ganzen Verlauf zu einer gemeinsamen Cavität vereinigt; dann erhalten wir an jedem senkrechten Querdurchschnitt des Hirnes, der auch das Zwischenhirn trifft, die Figur T, deren horizontale Linie der Grosshirnhöhle entspricht, während die vertikale den 3. Ventrikel darstellt.

Beide Seitenventrikel sind aber sowohl unter sich, als vom 3. Ventrikel in einem grossen Theil ihres Verlaufs durch das Gewölbe getrennt, welches zugleich mit dem über ihm sich hinziehenden Balken gebildet wird. Die Formfolgen sind sehr schwierig zu beschreiben und scheinen noch wesentliche Lücken zu lassen; wir folgen zum Theil der Auffassung von Bischoff. Der Anfänger kann sich, indem er der Beschreibung nachgeht, durch Tuchfalten die Vorgänge zweckmässig versinnlichen.

596. Mediane Verbindungstheile der Grosshirnhemisphären.

Wenn die primäre Vorderhirnblase sich in die beiden Grosshirnbläschen, durch Einkerbung an ihrer Vorderwand, spaltet, so wird der Grund dieser Kerbung durch eine senkrechte Commissur gebildet, die aus Querfasern besteht. Aus ihr entwickelt sich der Balken durch folgenden Process. Wachsen die Hemisphärenblasen nach rückwärts, so muss auch die Commissur nachfolgen; zuerst biegt sie sich um (als Balkenknie), um sodann weiter nach rückwärts, in der auch beim Erwachsenen eingeschlagenen Richtung, zu verlaufen, wodurch allmälig das Zwischenhirn bedeckt wird. Dieses bis zum Mittelhirn reichende Rückwärtswachsthum des Balkens ist erst im 6. Monat vollendet. Die tiefer liegende Schicht jener (anfangs senkrechten Balken-) Commissur wird zu den aufsteigenden, an die Grenze zwischen Seh- und Streifenhügel sich anlegenden Säulchen des Gewölbes. Zugleich mit dem Balken nach rückwärts sich umbiegend, verlängern sich die Säulchen jederseits zum Körper des Gewölbs, der mit der Unterfläche des Balkens zusammenhängt. Das Gewölb bildet somit ein Septum, das die Seitenventrikel in einem Theil ihres Verlaufes trennt. Bei ihrem weiteren Rückwärtswachsen weichen aber die, früher mehr parallelen,

hinteren Enden des innern und untern Randes der Grosshirnblasen aus einander und nach abwärts; dadurch bekommt auch die Cavität der Hemisphärenblasen an dieser Stelle eine entsprechende Richtung, d. h. es bildet sich jetzt ein unteres Horn des Seitenventrikels aus, im Gegensatz zum vordern Horn; erst später, mit grösserer Entwicklung des hinteren Theils der Hemisphären, entsteht eine dritte Ausbuchtung: das Hinterhorn. Jene hinteren Ränder der Hemisphärenblasen erleiden aber auch starke Verdickungen; diese Massen stellen die Ammonshörner dar, in welche die (wie gesagt nach hinten aus einander weichenden) Schenkel des Gewölbes übergehen.

Die Anfänge (unteren Enden) der Säulchen des Gewölbes (Corpora candicantia) stellen anfangs eine einzige Masse dar; erst im 7. Monat furchen sie sich (Tiedemann).

Die Bildung des Septum pellucidum wird veranlasst, indem das Balkenknie sich stärker nach vorn wölbt. Indem nun das Balkenknie sich mehr von den dahinter liegenden Säulchen des Gewölbes entfernt, ohne sich von diesen zu trennen, zieht es die Marksubstanz in Form der zwei senkrechten Plättchen des Septum pellucidum nach. Diese Auffassung erklärt auch ungezwungen die Bildung des (sog. 5.) Ventrikels des Septum pellucidum. Die beiden vorderen Hörner der Seitenventrikel sind somit in der Medianlinie vollständig von einander getrennt. Die Säulchen des Gewölbes scheiden aber auch den 3. Ventrikel von den Vorderhörnern der Seitenventrikel; da sie sich aber etwas stärker wölben, als die Sehhügel, auf deren Convexität sie sich lagern, so entsteht jederseits eine kleine Spalte: die Monro'sche Lücke, wodurch der dritte mit den beiden Seitenventrikeln zusammenhängt.

597. Primäre Mittelhirnblase.

Die zu einer gewissen Zeit die höchste Stelle des Hirnes einnehmende Mittelhirnblase bleibt in ihrer Entwicklung relativ zurück und erleidet überhaupt die geringsten Metamorphosen. Sie wird allmählig von den Grosshirnhemisphären bedeckt. Durch Verdickung ihrer Wandungen wird die Höhle schliesslich auf den engen Aquaeductus Sylvii reducirt, die Communication zwischen dem 3. und 4. Ventrikel. Im 5. Monat bekommt das Mittelhirn eine Längsfurche, im 7. eine Querfurchung; damit ist die Bildung der Vierhügel vollendet. Die hauptsächlichste Verdickung erleidet aber die Vierhügelblase unten durch die Hirnstiele, welche sich auf der Basis des Gehirnes bilden.

598. Primäre Hinterhirnblase.

Dieselbe zerfällt, wie schon bemerkt, in das Hinter- und das Nachhirn, welche beide durch eine starke Einknickung von einander geschieden werden.

An der Basis des Hinterhirns entsteht jederseits durch Verdichtung ein halbrundes prominirendes Läppchen; beide Läppchen wachsen nach aufwärts (rückwärts) und einwärts und bilden, nachdem sie in der Mittellinie sich vereinigt haben, ein schmales, am hintern Rand der Vierhügelblase verlaufendes Markblatt, das die Oeffnung des Hinterhirns (den 4. Ventrikel) zum Theil überbrückt, die Anlage

des Kleinhirnes. Durch stärkeres Wachsthum der Seitentheile dieses Markblattes bilden sich die Hemisphären des Kleinhirnes (6. Monat), und somit der Unterschied von dem medianen Theil (dem Wurm). Die Furchungen der Hemisphären folgen bald nach. Das Kleinhirn ist somit die obere Wand der Hinterhirnblase.

Die untere Wand der Hinterhirnblase (an der Grenze zwischen Hinter- und Nachhirn) verdichtet sich und prominirt stark nach vorn: sie wird zur Brücke (Ende des 3. Monats).

Das Nachhirn bleibt oben (resp. hinten) offen; die Rautengrube und das Nachhirn überhaupt tritt in der späteren Fötalzeit in ihrem relativen Wachsthum zurück. Im 3. Monat erheben sich die strickförmigen Körper, sodann die Pyramiden und Oliven.

Fig. 179. Fig. 181. Fig. 183.

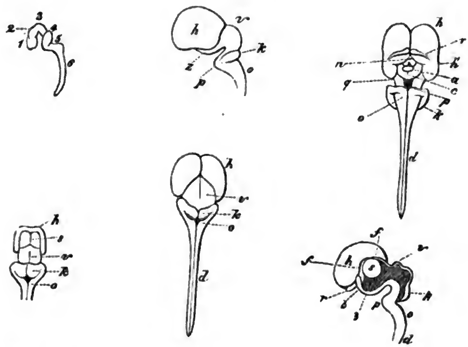


Fig. 180. Fig. 182. Fig. 184.

Fig. 179 bis 184 Entwickelung des Gehirnes nach Tiedemann.

Fig. 179 7. Woche. *1* Vorderhin. *2* Zwischenhirn. *3* Mittelhirn. *4* Hinterhirn. *5* Nachhirn. *6* Rückenmark.

Fig. 180 9. Woche; von Fig. 181 an 12. Woche. Fig. 180 und 183 untere, Fig. 181 seitliche, Fig. 182 obere Ansicht; Fig. 184 Durchschnitt in der Medianebene *h* Hemisphären des Grosshirnes (in Fig. 181 über die Sehhügel gewachsen, sodass nur der untere Umfang *z* des früheren Zwischenhirnes noch sichtbar ist). *h'* (Fig. 183) gemeinsame Anlage des unteren und hinteren Grosshirnlappens (*h* bedeutet hier den Vorderlappen). *s* Sehhügel. *v* Vierhügel. *k* Kleinhirn. *p* Brücke, *o* verlängertes Mark. *d* Rückenmark.

Fig. 183. *r* Riechnerv. *n* Sehnerv. *a* Hirnanhang, dahinter *c* die noch ungetheilten Corpora candicantia. *q* Hirnschenkel.

Fig. 184. *f* Fornix. *b* Durchschnitt des noch senkrechten Balkens. *3* Dritter Ventrikel.

599. Rückenmark und Nerven.

Je jünger der Fötus, desto grösser ist im Verhältniss zum Gehirn das Rückenmark. Dasselbe füllt anfangs den ganzen Wirbelkanal aus bis zum Steisshöcker,

später aber wächst der Wirbelkanal stärker. Das Rückenmark als hinterer Theil des primitiven Markrohres zeigt an seinem Querschnitt ebenfalls eine Höhle, welche oben in den 4. Ventrikel mündet, und am untern Ende anfangs weiter ist: der sogen. Sinus rhomboidalis (perennirend bei den Vögeln). Der Rückenmarkcanal persistirt überhaupt bei vielen Thieren; im Menschen stellt sein Rest den sogen. Centralcanal dar.

Die Nerven wachsen nicht etwa aus den Centralorganen heraus, sondern sie bilden sich überall, wo Organe und Gewebe sich differenziren. Kopf- und Rückenmarklose Missgeburten haben ebenfalls Nerven.

600. Primäre Augenblase.

Aus dem Zwischenhirn entsteht, in der 3. oder im Beginn der 4. Woche, beiderseits nach Bär eine Ausstülpung: die, relativ sehr grosse, primäre Augenblase (*a* Fig. 185), als erste äussere Spur des Auges. Die Blase entfernt sich vom Hirn etwas, jedoch so, dass sie mit demselben durch einen Stiel *(s)*, den späteren Sehnerven, zusammenhängt. Beide sind von der Cutis *(l)* überzogen, sowie, ähnlich den Hirnblasen, hohl und sehr bald in eine Belegmasse eingebettet, aus der die Theile der Augenhöhle, namentlich deren Wandungen sich ausbilden.

Sehr frühe entsteht ein dunkeler, unten anfangs noch offener Ring; derselbe ist das Vorderende der pigmentirten Choroidea.

Die weiteren, zum Theil sehr schwierigen Metamorphosen sind ohne Präparate und Modelle nicht leicht darstellbar; wir müssen desshalb dann und wann zu schematischen Ausdrucksweisen unsere Zuflucht nehmen, um möglichst kurz zu einer richtigen definitiven Anschauung der Hauptprocesse zu gelangen.

601. Secundäre Augenblase.

Die Cutisstelle, welche das vordere (so wollen wir annehmen) Ende der primären Augenblase überzieht (Fig. 185, *l*) erleidet, wie Huschke nachwies, eine Einstülpung. Das Eingestülpte verdickt sich und wächst rasch nach innen; dadurch wird auch die darunter liegende primäre Augenblase in sich selbst eingestülpt (Fig. 186) und zwar bis zum vollständigen Verschwinden ihrer früheren Höhlung und der Herstellung der, eine Becherform bietenden sogenannten secundären Augenblase. Letztere ist also gebildet von einer Duplicatur der früheren primären Blase; die eingestülpte Schicht wird Retina (Fig. 186, *r*), die äussere Choroidea *(c)*.

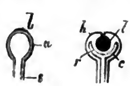


Fig. 185. Fig. 186.

Der nichteingestülpte Cutisüberzug wird Sclera *(h)*, die sich erst am Ende des zweiten Monates in eine durchsichtigere Cornea und die eigentliche Sclerotica trennt. Aus den eingestülpten Cutistheilen entsteht das Linsensystem *(l')* und die noch sehr kleine Anlage des Glaskörpers. Die vordere Halbkugel der Linse, die sich sehr bald von der Sclera abschnürt, ragt aus der Mündung der secundären Augenblase wie ein Ei aus dem Eierbecher hervor.

602. Gemeinsame Augenspalte.

Die Sclerotica und beide Schichten der secundären Augenblase, d. h. Choroidea und Retina, sowie der Glaskörper, zeigen anfangs eine Spalte, die vom Augenstiel nach vorn verläuft und fast die halbe untere Peripherie des Bulbus umfasst; nach hinten setzt sich die Spalte auch auf den Augenstiel fort. Die Entstehung dieser bemerkenswerthen embryonalen Bildung hängt wesentlich mit der Bildung der secundären Augenblase zusammen, sodass das im vorigen Paragraphen Ausgeführte einer theilweisen Berichtigung bedarf.

Die Spalte verläuft auf der Unterseite der secundären Augenblase und des Augenstiels (Fig. 187); der Grund der becherförmigen Vertiefung *(b)* der Augenblase führt nicht in die Hölung des Augenstiels, sondern in eine auf dem letzteren verlaufende, von Huschke erkannte Rinne (s. Fig. 187, *r*). In die Rinne der Augenblase senkt sich aber auch der Cutisüberzug ein, wesshalb auch die Sclera anfangs gespalten ist. Die Ränder *(R)* der Spalte wachsen einander von den Seiten her entgegen, bis sie endlich zusammenstossen (Fig. 188).

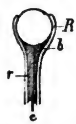


Fig. 187.



Fig. 188.

In der Spalte des Augenstiels verläuft die Centralarterie (*c* Fig. 187); die Spaltenränder des Stieles wachsen einander entgegen, während zugleich der Stiel seine Höhlung verliert. Der nunmehr solide Sehnerv schliesst in seiner Mitte die Arterie ein.

Dieser Process ist in den Querschnitten I. II. Fig. 189 schematisirt. *c* Arterie, *i* eingestülpte, *a* äussere Wand des Augenstiels.

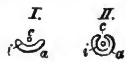


Fig. 189.

Die Centralarterie tritt aus dem Sehnerven in die Augenblase und gibt unter anderem auch eine Arteria hyaloidea ab, die gerade zur Mitte der Hinterwand der Linse, (resp. Membrana capsulo-pupillaris, s. 603) verläuft. Auf letzterer liegt der, noch im Anfang des 3. Monates ganz dünne, membranartige Glaskörper. Der Glaskörper bedeckt nur einen Theil der Hinterwand der Linse. Die Arteria hyaloidea bietet ein Hinderniss für die Entwickelung des Glaskörpers in die Breite; derselbe wächst nach v. Ammon wurstförmig um das Gefäss herum; dadurch entsteht wiederum eine Rinne, die sich später schliesst bis auf den Canalis hyaloideus für das Gefäss selbst.

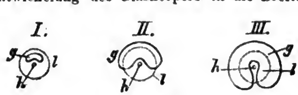


Fig. 190.

Diesen Process soll 190 andeuten. *l* Hinterseite der Linse; *g* Glaskörper, *h* Art. hyaloidea im Querschnitt. Die Rinnenbildung im Augenstiel scheint durch die Anwesenheit der Centralarterie bedingt zu sein, um welche der sich entwickelnde Augenstiel herumzuwachsen genöthigt ist, ähnlich wie der Glaskörper.

603. Kapselgefässhaut und Iris.

Die Linsenkapsel ist anfangs genau umschlossen von einem durch bedeutenden Gefässreichthum ausgezeichneten Sack (Fig. 191, *p*). Bald zieht sich die Vorderfläche der Linsenkapsel zurück von dem Vordertheil der gefässreichen

Kapselhaut und es wächst (von der 7. Woche an) in den dadurch gebildeten Raum, von dem vorderen Choroidealring aus, die Iris als membranöser Ring herein (Fig. 192, *i*). Der vor der Iris liegende Theil der gefässreichen Kapselhaut zieht sich auf die Iris zurück, bleibt mit dieser im Zusammenhang und verschliesst demnach mit seinem centralen Theil das Sehloch als feine, sogen. Membrana pupillaris, während der übrige hintere Theil des Sackes Membrana capsulo-pupillaris heisst (J. Müller und Henle). Die Arterien der Membrana pupillaris kommen von der Iris, die der Capsulo-pupillaris besonders von der Arteria hyaloidea, dem erwähnten Ast der Arteria centralis retinae, die durch den Glaskörper zur tellerförmigen Grube geht. Diese Gefässe verlaufen auf der Hinterwand der Kapsel, biegen aber auch auf deren vordere Wand um, welch letztere noch von den Umfang der Linsenkapsel umgebenden Circulus Mascagni Gefässe erhält. Die Venen der Pupillaris und Capsulo-pupillaris gehen in die Venen der Iris und Choroidea; es gibt keine Vena hyaloidea. Die Pupillarmembran verschwindet im 7. Monat; auch die Capselpupillarhaut verliert am ganzen hinteren Umfang der Linsenkapsel ihre Gefässe; die Arteria hyaloidea ist noch sichtbar im Neugebornen und obliterirt erst später.

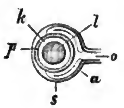


Fig. 191.

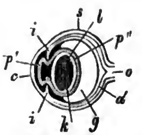


Fig. 192.

k (Weisser Kreis) Linsenkapsel. *l* Linse, anfangs kugelförmig. *p* Gefässreiche Kapselhaut. Durch Hereinwachsen der Iris (*i*) beginnt die Scheidung in *p'*: Memb. pupillaris und *p''* Memb. capsulo-pupillaris. *g* Glaskörper (in Fig. 191 als sehr dünne Membran noch weggelassen). *o* Nerv. opticus. *s* Sclera. *a* Secundäre Augenblase, in Fig. 192 als *a'* in Retina und Choroidea geschieden.

An der Bildung des Augapfels betheiligen sich also sowohl die Nervencentren als die allgemeinen Bedeckungen. Die primäre Augenblase sammt dem Stiel ist die Uranlage besonders des nervösen Theiles des Sehapparates (Retina, Nervus opticus, aber auch Choroidea) während die Sclera und die dioptrischen Apparate aus der Cutis, resp. dem äusseren Keimblatt (Remak), sich bilden. Auch der Glaskörper ist wahrscheinlich ein Einstülpungsproduct der Cutis; Kölliker nennt ihn geradezu unentwickeltes subcutanes Bindegewebe.

604. Mittleres und äusseres Ohr.

Die Ohrgrube ist nichts anderes als ein perennirendes Spaltenrudiment zwischen dem ersten und zweiten Visceralbogen (553); sie kommunicirt demnach anfangs mit dem hintern Theil (Schlund) der allgemeinen Mundhöhle. In die allmälig weiter nach hinten und aufwärts rückende Ohrgrube wächst eine ringförmige Scheidewand herein, die sich endlich in ihrer Mitte schliesst: das Trommelfell. Dadurch wird die Grube abgetheilt in die Trommelhöhle und den äusseren Gehörgang. Durch Wucherung an der Mündung des letztern entsteht die Ohrmuschel (6. Woche); die Helixentwicklung beginnt schon in der 8. Woche. Die Trommelhöhle, als innerer Theil der früheren Ohrgrube, kommunicirt mit der allgemeinen Mundhöhle (Schlundhöhle) und wird an ihrem inneren Ende zur Eustachi'schen Röhre.

Im Blastem des ersten Visceralbogens entsteht ein länglicher Knorpelstreif,

der Meckel'sche Knorpel. Der hintere Theil desselben ist die Uranlage des Hammers und Ambos (Reichert), während sein vorderer Theil als Meckel'scher Fortsatz an der Innenseite des Unterkiefers verläuft, um in den letzten Monaten des Fötuslebens vollständig zu verschwinden; nur das hintere Ende des Meckel'schen Fortsatzes persistirt als Processus Folianus des Hammers Der Steigbügel soll aus dem hinteren Theil des zweiten Visceralbogens entstehen. Die Hörknöchelchen bieten ziemlich frühe ihre charakteristischen Formen und sind von ansehnlicher Grösse; sie ossificiren im vierten Monate; im Neugebornen sind sie fast so gross wie im Erwachsenen.

605. Inneres Ohr.

Die Entwickelung des Labyrinthes, eine der schwersten Aufgaben der Embryologie, ist nur höchst unvollständig erforscht; man kennt blos einzelne Bildungsphasen, während der Zusammenhang der Formfolgen durchaus streitig ist.

Die erste Entwickelung des Labyrinthes geht derjenigen des mittleren und äusseren Ohres lange voran. Schon in der dritten Woche bemerkt man neben der hinteren Hirnblase jederseits ein kleines Säckchen, die Labyrinthblase (früher Emmert'sches Ohrbläschen genannt). Dasselbe ist nach der älteren Ansicht eine Aussackung der hinteren Hirnblase (analog der primären Augenblase); nach Huschke dagegen ein Einstülpungsprodukt der äussseren Haut, ein förmliches Analogon der Linse des Auges. Zuerst soll nach Remak eine scheibenförmige Verdickung der, der späteren Oberhaut entsprechenden Schicht der allgemeinen Bedeckungen sich bilden. Durch Einstülpung geht die Scheibenform über in eine Napfform und mündet somit vorübergehend nach aussen. Diese Oeffnung schliesst sich aber bald, sodass ein abgeschnürtes, geschlossenes, anfangs dickwandiges Bläschen übrig bleibt. Erfolgt dann später die Bildung der Visceralspalten, so liegt dieses Bläschen im Bereich des zweiten Visceralbogens. Dasselbe stellt nach Rathke die Grundlage des ganzen membranösen Labyrinthes dar; nach Remak aber nur die Anlage der späteren Epitelialauskleidungen des Vorhofs, der Schnecke, Bogengänge und sogen. Wasserleitung dar, während alle übrigen membranösen Theile des Labyrinthes, sammt deren (zunächst knorpeligen) Umhüllungen, aus dem, dem mittleren Keimblatt angehörenden das Labyrinthbläschen umgebenden Blastem sich bilden würden. Dieses Bläschen repräsentirt jedenfalls zunächst das Vorhofsäckchen (ob nur das epiteliale, oder das ganze membranöse, bleibe dahingestellt), aus welchem sodann durch Theilung, Verdickung und weitere Ausstülpungen die merkwürdigen Appendicalorgane des Vorhofes der höheren Wirbelthiere entstehen. In der 9. Woche bilden sich drei halbmondförmige Falten, deren jede zu einem anfangs weiten Rohr verwächst: die Bogengänge. Zuerst entsteht der obere, dann folgen der hintere und der äussere. Auf der Basis des Labyrinthbläschens bildet sich die Schnecke, wahrscheinlich zuerst ein einfaches Rohr, das später durch eine schraubenförmige Faltung die Spiralplatten hervortreibt. Die Enstehungsweise des Hörnerven ist strittig; nach der älteren Ansicht ist derselbe eine Ausstülpung von Markmasse des Hinterhirnes.

Die Geruchsbläschen gehen aus dem Boden der Grosshirnhemisphärenblasen hervor. Die Bildung der Nasenhöhlen wurde schon früher betrachtet; anfangs stellen sie einen niedern Raum dar; die Muscheln sind noch wenig entwickelt; die Nebenhöhlen bilden sich erst nach der Geburt.

606. Funktionen des Nervensystems.

Das Gehirn des Fötus ist in starkem Massenwachsthum begriffen; die eigentlich psychischen Processe dagegen, wenn von ihnen überhaupt die Rede sein kann, sind höchstens ganz rudimentärer Natur, Empfindungen, die nicht über die dunkelsten Formen eines allgemeinen Gefühlszustandes hinausgehen. Ueber die Beseelung des Fötus sind alle denkbaren Ansichten aufgestellt worden, deren Erwähnung nicht hieher gehört. Die Tastnerven kommen jedenfalls vielfach in Thätigkeit; welche sonstigen Sinne noch erregt werden (äussere Schalle gelangen nur schwer bis zum Fötus) ist weniger wichtig, als die Thatsache, dass die Sinnesnerven zu frühe geborener lebensfähiger Kinder sogleich functioniren.

Die zuerst sich entwickelnde und während des Fötallebens kräftig arbeitende Muskulatur ist die des Herzens. Die Anlage der übrigen Muskeln beginnt nach Kölliker erst gegen Ende des 2. Monates; dieselben stellen blasse, von ihren Sehnen nicht recht unterscheidbare Massen dar. Erst im 4. Monat beginnt eine deutlichere Färbung der Muskeln. Die Mutter fühlt in der Regel etwas vor der Mitte der Schwangerschaft die Bewegungen des Kindes, die später häufiger und lebhafter, in einzelnen Fällen sogar belästigend werden. Sie sind wohl ausschliesslich reflectorischer Natur und kommen auch bei kopflosen Missgeburten vor.

607. Schicksale der Keimblätter.

Jetzt erst, zum Schluss, ist uns eine motivirte und dem Anfänger verständliche Uebersicht des Entwicklungsplanes des Wirbelthieres möglich. Die Frage fällt wesentlich zusammen mit der: Was sind die Schicksale der drei Keimblätter?

Nach der Ansicht Pander's und Bär's, welchen die meisten späteren Embryologen gefolgt sind, entwickeln sich 1) im äussern Blatt die Nervencentren sammt deren Umhüllungen, die Sinnesorgane, die gesammten allgemeinen Bedeckungen und die Leibeswand, mit einem Wort, die «animalen» Systeme. 2) Im mittleren Keimblatt die Centraltheile des Blutgefässsystems: Herz und grosse Gefässe. 3) Im innern: der Darm mit den zahlreichen, aus ihm sich ausstülpenden und später zum Theil vollkommen selbstständig werdenden Organen, also vorzugsweis die vegetativen Systeme des Körpers.

Diese Annahmen bezogen sich aber selbstverständlich nur auf die Uranlage der Theile und wurden niemals so gedeutet, dass z. B. in einer etwas späteren Periode die Gefässe aus dem mittleren Blatt hineinwachsen in Organe, die in den beiden andern Blättern nachträglich sich gebildet haben.

Remak kam, gestützt auf Einzelforschungen früherer Embryologen und eigene Untersuchungen zu, der folgenden Gesammtanschauung:

I) Das äussere Keimblatt sondert sich zunächst 1) in einen Axentheil: die Grundlage der Nervencentren und 2) einen peripheren Theil: die spätere

Epidermis. Der Axentheil ist die Anlage der mannigfaltigen, physiologisch und histologisch so differenten Bestandtheile des Rückenmarkes und Hirnes, sammt den aus letzterem erfolgenden Ausstülpungen: den Geruchs-, Augen- und (?) Ohrenbläschen (den Grundlagen des nervösen Theiles dieser Sinnesapparate). Aus dem peripheren Theil des äusseren Keimblattes entstehen 1) die Epidermis der allgemeinen Bedeckungen, 2) die auf diesen aufliegenden Epidermoidalgebilde z. B. Nägel, 3) die innere, epidermoidale Schicht der Hauteinstülpungen (Talg-, Schweiss-, Milchdrüsen), endlich 4) der dünne, epidermoidale Ueberzug der von aussen sich einstülpenden Labyrinthhöhlen, sowie die dicken in das primäre Augenbläschen sich einsenkenden Epidermoidaltheile (Linse). Die peripheren Bezirke des äusseren Keimblattes bieten also einen bemerkenswerthen Unterschied von dem Axentheil; sie bewahren ihren ursprünglichen, einfachen, zelligen Bau, differenziren sich nur wenig und bleiben immer gefäss- und nervenlos.

II) An dem mittleren Keimblatt unterscheidet man ebenfalls: 1) Den Axentheil: Anlage des Schädelgrundes, der Wirbelsäule und deren Muskeln, sowie 2) den peripheren Theil, zunächst die Uranlagen der Wandungen der vom Vorder- bis Hinterende verlaufenden primären (allgemeinen) Leibeshöhle. In diesen Wandungen, mit Ausnahme ihres Vordertheils, erfolgt sodann die Sonderung in die definitive Leibeswand und den Urdarm (540), und damit der Anfang der Bildung der mannigfaltigsten Körpertheile, namentlich auch des Herzens und der Gefässe. Ob die ersten Gefässe der Nervencentren in diesen selbst entstehen, oder ob sie aus dem mittleren Keimblatt hereinwachsen, ist noch nicht entschieden.

III) Das untere Blatt endlich bildet die Epitelialschicht des Urdarmes und seiner zahlreichen drüsenartigen Ausstülpungen, sodass also jede dieser Ausstülpungen zunächst aus einer äusseren, dem mittleren Keimblatt angehörenden, und einer innern epitelialen Lage besteht.

Die Bildungsstätte der Körperorgane ist demnach, ausser dem mittleren Keimblatt und dessen Dependenzen, nur noch der Axentheil des äusseren Keimblattes, wogegen 1) das äussere Blatt in seiner Peripherie und 2) das innere Blatt in seiner ganzen Ausdehnung (soweit beide nicht die Grenze des Fruchthofes überschreiten) zu den epitelialen Hüllen und Auskleidungen verwendet werden.

608. Physiologische Bedeutung der Keimblätter.

Die auch durch mannigfaltige Thatsachen der vergleichenden Anatomie gestützte Lehre Remak's erklärt die Formfolgen vieler Organe einfacher und ungezwungener und verleiht diesem Theil der Embryologie ein direkteres physiologisches Interesse als die ältere Doctrin. Die Keimblätter erscheinen jetzt als viel fundamentalere und nachhaltiger bedeutsame Gebilde; zwei derselben bewahren sogar ihren primären, reinvegetativen, zelligen Charakter. Die Physiologie hätte nunmehr die Aufgabe, die Bedeutung dieser letztern für die Entwickelung zu erforschen, Leistungen, welche weit über den unmittelbaren Bereich dieser Gebilde hinausgehen

müssen. Ihre Hauptbedeutung wird vorzugsweis in der frühesten Zeit zu suchen sein, da 1) ihre Rolle als Begrenzungshäute, falls diese schon jetzt besteht, um so eingreifender sich geltend machen kann, je kleiner, unentwickelter und unselbständiger die von ihnen umhüllten Organe sind; ganz besonders aber weil sie 2) bei dem Mangel oder der noch geringen Entwickelung des Kreislaufes, Haupttransport- und Umsatzmittel des Stoffwechsels sein dürften. Diese Ansicht scheint uns 3) direkt bestätigt zu werden durch die von den allgemeinen Bedeckungen aus erfolgenden Einstülpungen und die vom Darm aus geschehenden Aussackungen. Die innere, das spätere Epitel repräsentirende Schicht derselben wächst stärker als die äussere, dem mittleren Keimblatt angehörende Schicht; die letztere wird von der ersteren förmlich ein- oder ausgestülpt. *Die durch Aussackungen entstehenden adnexen Gebilde des äusseren und inneren Keimblattes gehorchen demnach einem und demselben Entwickelungsgesetz; ja noch mehr, sie sind das Bestimmende und Gestaltgebende in zahlreichen Körperorganen.*

XXVIII. Psychophysiologie.

609. Aufgaben.

Dieser Theil der Physiologie untersucht (abgesehen von einigen untergeordneten physiologischen Phänomenen des Gehirns, s. z. B. 618 bis 621) die Wechselbeziehungen zwischen den körperlichen und seelischen Erscheinungen, also die körperlichen (physiologischen) Bedingungen der Seelenthätigkeiten und die Einflüsse der letzteren auf den Organismus. Der psychologische Theil der Physiologie lässt sich demnach von der Psychologie selbst hinreichend abgrenzen. Diese letztere nämlich muss viel weiter gehen; sie behandelt 1) die psychischen Phänomene überhaupt, wie dieselben als *äussere Formen* der Seelenthätigkeiten in die Erscheinung treten; sie sucht 2) das Zustandekommen derselben zu erklären und sich 3) zu Betrachtungen zu erheben über die Natur des Seelischen, sowohl an sich, als in seinen Unterschieden von dem Körperlichen. Der *erste*, weit und tief greifende Theil dieser psychologischen Studien hat es mit durchaus lösbaren Aufgaben zu thun; es handelt sich dabei um der Beobachtung zugängliche und einer genügenden Description fähige Thatsachen, die selbst dann und wann der quantitativen Untersuchung (z. B. der auf diesem Gebiet noch viel zu wenig gepflegten statistischen Methode) unterworfen werden können. Bei der *zweiten* Aufgabe dagegen kann den strengeren Forderungen des Causalitätsprincipes nicht genügt werden; die psychischen Erscheinungen sind schlechterdings nicht unmittelbar erklärlich, d. h. zurückführbar auf «Kräfte» im Sinne der Naturwissenschaft; wohl aber können vielfach konstante, gesetzliche Zusammenhänge der psychischen Ereignisse sowohl unter sich selbst, als auch mit körperlichen

Phänomenen nachgewiesen werden. Von einer Inangriffnahme der psychologischen Aufgaben der **dritten** Reihe im Sinne der Naturforschung kann demnach keine Rede sein.

Diese bedeutende Beschränkung des psychologischen Theiles der Physiologie entspricht freilich nicht derjenigen Ansicht, welche eine innigere Durchdringung beider Wissenschaften fordert und schon jetzt allen Ernstes für möglich hält; dagegen ist sie der Ausdruck der hergebrachten, wohl motivirten Auffassungsweise der grossen Mehrzahl der Physiologen. Alle unsere Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen seelischen und körperlichen Ereignissen sind rein empirischer Natur; sie gestatten keine unzweideutigen Schlüsse über die inneren Vorgänge selbst und befähigen weder die Naturforscher überhaupt, noch die Physiologen und Psychiatriker insbesondere, **als solche** irgend etwas Positives auszusagen über das Wesen der Seele. Die Formulirung der herkömmlichen und vom apriorischen Standpunkte sehr wohl erklärlichen Streitfragen über die Natur der seelischen Erscheinungen ist wenigstens **in allem Wesentlichen** heute noch dieselbe, wie zur Zeit der alten griechischen Philosophie. Wenn also alle ungeheueren Fortschritte der neueren Naturwissenschaft diesen Debatten bisher keine andere Richtung zu geben vermochten, und die starren Gegensätze zwischen der idealistischen und materialistischen Auffassungsweise, trotz aller Versuche, dieselben zu vermitteln oder gar zu umgehen, für den Unbefangenen noch unverändert fortbestehen, so kann man nicht zweifelhaft sein, wie sich die künftigen, wenn auch noch so fundamentalen Erweiterungen der Naturwissenschaften noch auf lange Zeit hinaus gegenüber diesem schwierigsten aller Probleme verhalten werden. Die Physiologie als solche bleibt somit von einer Debatte vorerst unberührt, welche für **ihre** Hülfsmittel vollkommen unzugänglich ist, und das um so mehr, als die psychologischen Aufgaben der Physiologie in ihrer oben aufgestellten nothwendigen Beschränkung zunächst wenigstens — wenn man nämlich auf die ohnediess unmöglichen Erklärungsversuche verzichtet — unabhängig von jeder Hypothese über die Natur der Seele durchgeführt werden können.

610. Psychische Leistungen.

Die Seelenthätigkeiten, nach ihren zahlreichen und verschiedenartigen Aeusserungen und Formen aufgefasst, haben entweder: 1) **Direkte Beziehungen zur Aussenwelt.** Dabei verhält sich die Seele mehr passiv, receptiv: sie empfängt sinnliche Erregungen von Aussen her; oder mehr aktiv: es ist das Bestreben vorhanden, auf die Dinge der Aussenwelt einzuwirken durch gewollte Bewegungen. Oder

2) Solche direktere Wechselwirkungen zwischen Seelischem und concretem Aeusserem sind nicht vorhanden: **die Seelenthätigkeiten verlaufen als Processe für sich und unter sich.** Die ganze Summe der hieher, also weder zu den konkreten Empfindungen, noch zu den absichtlich ausgeführten Bewegungen gehörenden, unendlich mannigfaltigen psychischen Leistungen wird herkömmlich zusammengefasst unter der gemeinsamen weiten Bezeichnung der **Vorstellungen.** Diese sind es, welche den wahren Mittelpunkt aller psychischen Thätigkeiten bilden.

Sinnliche Empfindungen, gewollte Bewegungen und Vorstellungen sind demnach die drei Grundformen, in welchen das Seelenleben zur Erscheinung und Beobachtung kommt. Jede dieser Grundformen bietet aber, sowohl in dem Thierreihe, als auch in demselben Individuum, je nach dessen somatischen und psychischen Zuständen, wiederum die grössten quantitativen und qualitativen Unterschiede.

Die **sinnlichen Empfindungen** beginnen als dunkele, beziehungslose

Gefühle eines allgemeinen indiscreten Empfindungszustandes und steigern sich bis zu den mannigfaltigsten, durch die objektiven Sinne und die Gemeingefühle bedingten, mit vollem Bewusstsein aufgefassten und in Bezug auf ihre entfernten Veranlassungen richtig interpretirten Sinneswahrnehmungen.

Die beiden Extreme der gewollten Bewegungen sind die, im Dienst des instinktiven Lebens stehenden, also jedenfalls von keinem frei-bewussten Zwecke beherrschten und in der Regel irgend welchem körperlichen Bedürfniss genügenden Bewegungen einerseits, und die, weder durch ein Aeusseres, noch durch irgend welche körperlichen Zustände bedingten, vollkommen freien, mit dem Charakter der grösstmöglichsten Spontaneität begabten Bewegungen andererseits.

Auch die Vorstellungen zerfallen in niedere und höhere. Zu den ersteren gehören die Empfindungs- und Bewegungsvorstellungen, welche sich auf unmittelbare concrete Eigenschaften, Ereignisse und Möglichkeiten der sinnlichen Natur beziehen und als solche keine weitere psychische Verarbeitung ihres Inhaltes ermöglichen und erfordern. Unendlich reicher sind dagegen die höheren Vorstellungen; sie umfassen 1) das Gebiet der Begriffsbildungen, d. h. des Vorstellens von dem Allgemeinen, das in mehreren oder vielen einfachen Vorstellungen enthalten ist, und 2) des Denkens (Urtheilens), d. h. des Abwägens der Verhältnisse der einzelnen Begriffe unter sich.

Die Logik verfolgt mehr die formale Seite, die Psychologie den materiellen Inhalt und die realen Leistungen dieser höchst vielgliedrigen Processe, wobei freilich der psychologische Theil dieser Probleme, wegen der Natur des Gegenstandes und der Ungenauigkeit der Sprache, mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Auf alle diese Aufgaben: z. B. die Normen, nach welchen die Vorstellungen und Begriffe sich hemmen und befördern (sogen. psychische Associationsgesetze), die Entstehung des Begriffs aus der niederen Vorstellung u. s. w. kann hier, wo es sich nur um die psychophysiologische Seite des Gegenstandes handelt, selbstverständlich nicht eingegangen werden.

611. Subjective Beziehungen der psychischen Leistungen.

Die Vorstellungen, nach ihren mannigfaltigen Richtungen, sowie die bezüglichen Classificationsversuche, gehören ihrem Detail nach lediglich der Psychologie an; wir haben nur noch eine Beziehung derselben, sowie der psychischen Leistungen überhaupt, hervozuheben: das Verhältniss nämlich der Empfindung, der gewollten Bewegung und der Vorstellung zu dem empfindenden, wollenden und vorstellenden Subject.

Die im vorigen Paragraphen geschilderten Thätigkeiten gehen zwar vor sich in einem psychisch bewegten Individuum, jedoch so, dass dasselbe an ihnen, seien sie auch noch so intensiver Natur, von seinem individuellen Standpunkt aus keinen weiteren Antheil nimmt, d. h. dass es seinerseits nichts hineinträgt in die von ihm geschehende psychische Leistung. Findet aber eine solche Antheilnahme statt, gibt also das psychisch bewegte Individuum seine vollkommene Neutralität auf, so kann das nur möglich sein nach zwei entgegengesezten Richtungen: entweder man wird gefördert, ist zufrieden und demnach bestrebt, den

Zustand zu erhalten, kurz, man befindet sich im Zustand der Lust; oder andererseits man wird gehemmt, ist unzufrieden und sucht den Zustand zu ändern; man befindet sich im Zustand der Unlust. Zu den «reinen, objectiven» — oder wie man sie sonst noch nennen mag — psychischen Leistungen kommt also etwas Neues hinzu: eine Gefühlsschattirung, kurz subjective Modificationen derselben. Diese letzteren zeigen nicht blos bedeutende quantitative Differenzen (von leisen subjectiven Antheilnahmen bis zu den intensivsten psychischen und körperlichen Erschütterungen), sondern auch bemerkenswerthe qualitative Unterschiede und mannigfach auseinander weichende Richtungen, für welche Sprache und Wissenschaft eine Menge von Bezeichnungen brauchen (die einzelnen Gemüthsbewegungen, Affecte, Leidenschaften u. s. w., deren nähere Charakteristik eine Aufgabe der Psychologie bildet). Hieher gehören:

1) die Gemeingefühle ohne Ausnahme, welche eben nichts anderes sind als Empfindungen, die wir auf unsere eigene Leiblichkeit beziehen. Es kann sonach kein vollständig indifferentes Gefühl der Art geben (s. Abschnitt XXIII.).

2) Solche objective Sinnesempfindungen, welche sich mit correspondirenden Gefühlen veränderter Körperzustände mehr oder minder verbinden (313).

3) Solche gewollte Bewegungen, deren Effecte nicht blos in einfachen, uns nicht unmittelbar interessirenden Veränderungen von Dingen der Aussenwelt bestehen.

4) Auch die Vorstellungen in ihrem ganzen Umfang können den Vorstellenden hemmen oder fördern oder in einen gemischten Zustand versetzen, je nach der Bedeutung, die sie entweder für irgend eine seiner individuellen Existenzbedingungen oder für Ideen (moralische u. s. w.) haben, zu denen der Vorstellende ein bestimmtes Verhältniss einnimmt.

612. Verhältniss der objectiven und subjectiven psychischen Leistungen.

Mit der Eintheilung aller psychischen Leistungen in objective einerseits und von «psychischen Gefühlen» begleitete andererseits ist nicht etwa gesagt, dass die letzteren anderen Grundnormen gehorchen als die ersteren; die Eintheilung ist blos gerechtfertigt von einem bestimmten Standpunkte aus, dem egoistischen Standpunkt des psychisch thätigen Individuums. Diese Eintheilung hat aber auch eine ganz besondere physiologische Bedeutung, denn gerade die psychischen Leistungen der zweiten Gruppe bieten die stärksten Wechselwirkungen mit physiologischen Funktionen.

Beide Richtungen combiniren sich auf mannigfaltige Weise; hält sich die subjective Antheilnahme innerhalb engerer Schranken, so kann unter Umständen die psychische Thätigkeit auch in objectiver Hinsicht gewinnen an Intensität, Klarheit, Mannigfaltigkeit ihres Inhaltes u. s. w.; erreicht aber die subjective Antheilnahme einen höheren Grad, so nimmt der objective Werth der psychischen

Leistung immer mehr ab. Jetzt gesellt sich zum Inhalt der objectiven Sinnesempfindung und deren Auslegung noch ein Weiteres, uns aber besonders Interessirendes, das eben nicht mit Nothwendigkeit in jener enthalten ist; jetzt wird die gewollte Bewegung vollführt nach theilweis verändertem, den äusseren Umständen oft nicht adäquatem Modus: sie ist schwächer oder stärker; hastiger, unruhiger, von Mitbewegungen (83) und von stärkeren Nachwirkungen auf den Muskelzustand überhaupt begleitet; jetzt schlagen die Vorstellungen einseitigere Richtungen ein, sie verlieren ihren Charakter als reine Operation des «Verstandes», sie werden modificirt durch das «Gemüth» und üben vielfache Reflexe aus selbst auf somatische Processe.

Solche subjective Modificationen können also bei allen psychischen Processen — den niederen wie den höheren — vorkommen und dieselben sogar mehr oder weniger ungenau machen. Bei manchen Menschen geschieht diese Antheilnahme leichter, bei anderen schwerer; bei dem Einen mehr nach dieser, bei dem Andern mehr nach jener Richtung. Die sinnlichen Empfindungen des «Nervösen,» die Bewegungen des «Leidenschaftlichen», die Vorstellungen des «Gemüthlichen» u. s. w., sie haben alle ihren eigenthümlichen Typus. Maassgebend sind hier anhaltende oder vorübergehende körperliche oder psychische Momente: namentlich die Reizbarkeit des Nerven- und Muskelsystemes, die stationären Formen der Temperamente und die mehr vorübergehenden der Stimmungen, Affekte u. s. w.

613. Thier- und Menschenseele.

Sinnesempfindungen und Bewegungen sind die ersten psychischen Regungen des Kindes; mit deutlicherem Erwachen des Selbstbewusstseins gewinnen dieselben zunehmend an Gehalt und Bestimmtheit, während zugleich die inneren psychischen Thätigkeiten immer weiter um sich greifen und Empfindungen und Bewegungen beherrschen. Anfangs sind es nur niedere, sinnliche und auf die eigene Individualität gerichtete Vorstellungen und Begriffe; erst später, mit zunehmender Erfahrung, treten Begriffe von höherer Dignität auf. Aehnliche, freilich lange nicht so weit gehende, successive Steigerungen der psychischen Leistungen bietet auch die Thierreihe. Man unterscheidet drei Stufen der seelischen Ausbildung:

1) Die instinktiven psychischen Thätigkeiten. Die Thiere begehen Handlungen, welche durchaus im Einklang sind mit ihrer Organisation und ihren Lebensbedingungen überhaupt. Hieher gehören namentlich Streben nach Nahrung, Geschlechtstrieb und Unlust an Schmerz. Bei den gesellig lebenden Thieren treten diese Leistungen in Theilung der Arbeit, Ausführung künstlicher Bauten, Wanderungen u. s. w. auf das Ueberraschendste hervor, sodass sie den Schein freier Thätigkeiten annehmen. Alle diese Leistungen erfolgen aber unbewusst, mit zwingender Nothwendigkeit, aus dunkelen Gemeingefühlen; sie stehen in inniger Harmonie mit der ganzen Organisation der Gattung. Ihre vollständige Unfreiheit wird dadurch bewiesen, dass sie, entschieden keiner Steigerung fähig, durchaus den Charakter der Unveränderlichkeit in sich tragen (Cuvier).

Innerhalb dieser engen Grenzen halten sich die Seelenerscheinungen bei den Wirbellosen, während sie sich bei Wirbelthieren immer höher entfalten, als

2) Bewusste psychische Thätigkeiten. Diese treten namentlich in den sog. Warmblütern, neben Aeusserungen des blossen Instinktes, in sehr mannigfaltigen Leistungen auf. Die Sinnesempfindungen werden vollkommen objektiv und häufig sogar viel schärfer und feiner als im Menschen; die gewollten Bewegungen dienen den verschiedenartigsten Zwecken; die Vorstellungen nehmen zunehmend bestimmtere Formen an; aber alle Vorstellungen, auch des begabtesten Thieres, beziehen sich bloss auf die unmittelbar sinnliche Aussenwelt und damit sich combinirende »psychische Lust- und Unlust-Gefühle.« Die höheren Thiere haben sehr viele psychischen Gefühle und deren Steigerungen zu Affekten u. s. w. mit uns gemein, ja selbst solche, die sich auf ein anderes Individuum ihres oder eines fremden Geschlechts und den Menschen selbst beziehen, also Mitleid und Mitfreude, Affection für ihre Jungen, Anhänglichkeit an ihren Herrn; ferner Freude und Trauer, Zorn, Kampflust, Furcht, Schrecken und Neid; ja selbst Regungen von Stolz und Eitelkeit fehlen in einzelnen Fällen nicht. Die Gemüthsaffecte der Thiere sind aber sehr viel weniger intensiv und nachhaltig und greifen bei Weitem nicht so stark in die körperlichen Verrichtungen ein, wie beim Menschen. Als Krankheitsursachen treten sie beim Thier nur ausserordentlich selten, beim Menschen häufig auf.

Die psychischen Leistungen der höchsten Thiere sind, den niederen gegenüber, viel intensiver, vielseitiger, bei den Einzelthieren derselben Art ungleich differenter, individualisirter, und endlich durch Erziehung wesentlicher Vervollkommnungen fähig. Bemerkenswerth ist, dass dann, sowie durch den Einfluss der Zähmung überhaupt, der Instinkt beeinträchtigt werden kann. Das höhere Thier hat demnach in seinen psychischen Thätigkeiten sehr vieles gemein mit dem Menschen; ja es übertrifft ihn sogar in einzelnen derselben; dagegen fehlt ihm und zwar vollständig, die höchste Stufe der seelischen Leistungen:

3) das Vermögen, Begriffe zu bilden: die Vernunft, das ausschliessliche Besitzthum des Menschen. Das Thier ist bloss verständig, es ist schlechterdings unfähig, auch nur sinnliche Begriffe zu construiren, geschweige denn abgeleitete Begriffe höherer Ordnungen; desshalb schliessen auch seine Affecte und Leidenschaften — die höchsten Steigerungen seines psychischen Lebens — nur sinnliche Vorstellungen in sich ein. Eine solche Psyche hat und bedarf keine anderen Verständigungsmittel, als die einfachen Zeichen der Instinktsprache: Mimik, Bewegungen, gewisse Töne; während der Mensch im Besitz zahlreicher Verständigungsmittel ist für alles Sinnliche und Intellektuelle und deren Eigenschaften und Relationen: der, seiner seelischen Entwickelung adäquaten, Zeichen der Vernunftsprache.

614. Das Gehirn als Seelenorgan.

Die Alten suchten gewöhnlich die nächste Ursache, z. B. der einzelnen Affecte und Leidenschaften, in bestimmten Eingeweiden (Leber, Milz, Darm,

Magen, Herz); **Bichat** verlegte den Sitz derselben in den Sympathicus; Andere betrachten auch das Rückenmark als ein Organ der Seele (so namentlich **Pflüger** und **Auerbach**, welche für viele vom Rückenmark vermittelten Reflexbewegungen eine gewisse Spontaneität in Anspruch nehmen. Die Mehrzahl der Physiologen und Aerzte dagegen bezeichnet, wenigstens in den höheren Thierclassen, das **Gehirn als ausschliessliches Organ aller bewussten Lebensthätigkeiten.**

Diese Annahme bezieht sich, wie gesagt, nur auf das Hirn der Wirbelthiere. In den übrigen Thieren, welche ein Hirn besitzen — die Definition des Gehirns hat freilich von comparativ-anatomischer Seite Schwierigkeiten — ist dasselbe nicht ausschliesslich Seelenorgan. So betrachtet man das im Kopf der Gliederthiere liegende obere Schlundganglion als Hirn; nach Abtragung des Kopfes macht aber die Fliege häufig noch lebhafte, anhaltende Bewegungen, die Manche als spontane zu deuten geneigt sind.

Die Ansicht, dass das Hirn ausschliessliches Seelenorgan sei, kann folgendes für sich anführen: 1) Verstümmelungen irgend eines zum vegetativen Leben nicht absolut nöthigen Körpertheiles beeinträchtigen die Psyche nicht, oder doch nicht nothwendig. 2) Die Empfindungen und freiwilligen Bewegungen gehen verloren, wenn der Zusammenhang der Nerven mit dem Hirn aufhört (Nerven- und Rückenmarksdurchschneidungen). 3) Materielle Veränderungen des Gehirns, vorausgesetzt, dass sie nicht zu gering sind, äussern einen gewissen, kleineren oder grösseren Einfluss auf die Seelenthätigkeiten. a) Wird das Gehirn der Thiere gedrückt, so verfallen sie in einen bewusstlosen, soporösen Zustand; dieselben Symptome bietet der Mensch bei stärkeren Drücken auf das Gehirn, z. B. durch Ausschwitzungsmassen, Blutergüsse in das Gehirn, Schedelbrüchen mit Eindruck. Bei einem Menschen mit Defect eines Theiles des Schedelgewölbes schwand das Bewusstsein sogleich, wenn das blossliegende Hirn gedrückt wurde, und kehrte schnell zurück nach Aufhören des Druckes. b) Eine Menge von localen Krankheiten des Gehirnes, gewisse narkotische Vergiftungen, ferner Abnormitäten der Blutcirculation im Gehirn, und endlich Antheilnahme desselben an anderweitigen Krankheitsprocessen (Blutalterationen u. s. w.) setzen vorübergehende Veränderungen der psychischen Thätigkeiten, von leichten quantitativen Minderungen, Unfähigkeit zu intenserer geistiger Anstrengung an, bis zu den eingreifendsten Störungen des Bewusstseins, Delirium, Sopor u. s. w. 4) Wirkliche psychische Krankheiten sind häufig verbunden mit abnormen Zuständen des Gehirnes. 5) Mit vollkommener Entwickelung des Gehirns wächst bei den Wirbelthieren vielfach auch die Zahl der Triebe, Affecte und seelischen Anlagen überhaupt. 6) Das Gehirn scheint um so reizbarer zu sein, je höher die psychische Dignität der Thiere; beim Menschen ist es wohl am vulnerabelsten.

Die obigen Beweismittel, von 3 an, haben freilich keine absolute Geltung; die Ausnahmen dürften übrigens häufig nur scheinbare sein. Es findet namentlich kein genauerer Parallelismus statt, weder zwischen der Intensität der materiellen Erkrankungen des Gehirnes und den begleitenden psychischen Störungen, noch zwischen der Entwickelung des Gehirnes in der Wirbelthierreihe und der Ausbildung der Seelenthätigkeiten. In einzelnen Fällen von sehr bedeutenden Degenerationen, ja selbst von enormen Verwundungen und Substanzverlusten des Gehirnes ist die „volle“ Integrität der Psyche erhalten geblieben. Mit letzterem Ausdruck soll wohl nur so viel ausgesagt werden, dass keine wesentlichen und auffallenderen Beeinträchtigungen

stattgefunden haben; denn es wird wohl behauptet werden dürfen, dass die, einem Individuum möglichen, höchsten psychischen Leistungen nur bestehen können bei vollkommener Integrität des Gehirnes.

Der Einfluss der Grösse des Gehirnes wurde früher nicht selten sehr überschätzt. Der Caucasier bietet allerdings einen erheblich grössern Durchschnittswerth des Gehirngewichtes als der Neger; die Gehirngewichte einer Reihe geistig begabter Männer aber, die Wagner neuerdings zusammenstellte, sind im Endmittel nicht höher als die wohl entwickelter Gehirne überhaupt. Einzelne Thiere (Säuger) haben ein grösseres absolutes, andere (Affen, manche Vögel) ein grösseres relatives (auf die ganze Körpermasse bezogenes) Hirngewicht als der Mensch.

615. Methodik der Hirnphysiologie.

In 106 wurden die, der Sensibilität und Motilität dienenden Leitungsbahnen im Gehirn, sowie diejenigen Organe des letzteren erwähnt, deren Reizung Schmerzen und (allerdings sehr vieldeutige) Bewegungen auslösen; in 384 die Function der Vierhügel als Centrum für die Pupillenverengerung, in 236 und 155 die Bedeutung des verlängerten Markes für die Athem- und Herzbewegungen. Ist schon die Ermittelung der motorischen und sensibelen Leitbahnen im Gehirn sehr schwierig, so werden die Hindernisse vollends unbesiegbar, wenn es sich handelt um die etwaigen Beziehungen der verschiedenen Hirntheile zu den einzelnen psychischen Leistungen selbst, so dass die hier möglichen Untersuchungsmethoden sehr viel geringere Ergebnisse liefern, als sie von vorneherein zu versprechen scheinen. Sie sind:

1) Die anatomische Methode: Die Untersuchung der Massenentwickelung der einzelnen Hirntheile. Je entwickelter ein Hirntheil, desto intenser wird seine Function sein, ein Satz, der eine gewisse Geltung beanspruchen darf, wenn man nicht vergisst, dass die Massenentwickelung nur ein Moment neben vielen anderen unbekannten (chemische Zusammensetzung, Stoffwechselgrösse, circulirende Blutmenge u. s. w.) darstellt.

So sucht die comparativ-anatomische Methode die absoluten und relativen Massenentwickelungen der verschiedenen Hirntheile mit den psychischen Leistungen der Thiere zu vergleichen. Die Erfahrung lehrt aber, dass das Schwinden einzelner Hirntheile in der Thierreihe keineswegs begleitet ist von einem Schwinden specifischer psychischer Leistungen.

Hieher gehört auch das Verfahren der sog. Phrenologie seit Gall, nach welchem es sogar äusserlich wahrnehmbare Merkmale für die Entwickelung der einzelnen Hirntheile geben soll, indem jede besonders starke oder schwache Massenentwickelung eines solchen sich durch eine stärkere Wölbung oder andererseits durch eine Abplattung oder selbst Vertiefung an dem entsprechenden Schedeltheil kundgebe. Diese Behauptung hat bekanntlich nur eine höchst bedingte Geltung. Die Vergleichung der Schedelentwicklung verschiedener Menschen mit ihren, zudem ganz oberflächlich untersuchten, psychischen Charakteren, führte Gall auf die Annahme von 27 Organen des Gehirnes als Sitz bestimmter psychischer Leistungen. Diese peripherisch gelegenen „Organe" der Phrenologen haben mit den anatomischen Einzeltheilen des Hirnes natürlich nichts gemein.

2) Das physiologische Experiment. Man beobachtet die psychischen Zustände des Thieres nach Reizung, Durchschneidung, oder selbst völliger Ablösung bestimmter Hirntheile. Die Aufschlüsse führen nicht weit, weil derlei

Eingriffe noch viele, zum Theil unbekannnte Nebenwirkungen auf die betreffenden, sowie auch auf andere Hirnorgane bedingen. Dasselbe gilt von der

3) Klinischen Methode, welche die Obductionsresultate von Hirnkranken mit den psychischen Störungen vergleicht, welche diese im Leben boten.

616. Psychische Functionen der einzelnen Hirntheile.

Werden die Hemisphären des Grosshirns sammt den Streifenhügeln in Warmblütern ausgeschnitten (Magendie, Flourens, Longet, Schiff), so verfallen die Thiere in einen soporösen Zustand, wobei übrigens die vegetativen Functionen nicht wesentlich gestört sind. Die Empfindlichkeit der Cutis ist vollständig erhalten; nach Kneipen der Haut schreien die Thiere und bewegen sich heftig (allerdings sehr vieldeutige Erscheinungen!). Auf intensive Schalle und Licht erfolgen keine Reactionen, wohl aber, wenn bitter schmeckende Substanzen auf die Zunge gebracht werden. Die Pupille bleibt übrigens nach Lichtwirkungen auf das Auge noch beweglich. Der Muskelsinn ist erhalten; die Thiere sitzen oder stehen zwar regungslos, aber doch ohne das Gleichgewicht zu verlieren; sie laufen gerade fort, wenn sie gestossen werden und fliegen, wenn man sie in die Luft wirft, ohne aber dabei einem Hinderniss, z. B. einer Wand, auszuweichen. Sie fressen nicht; bringt man aber Nahrungsmittel auf den Hintertheil der Zunge, so werden dieselben abgeschluckt. Durch solche künstliche Fütterung konnten Vögel in einzelnen Fällen Monate lang erhalten werden; Säugthiere gehen aber in einigen Stunden zu Grunde.

Ein Schluss auf das Maass und den Umfang psychischer Thätigkeiten, die unter solchen Verhältnissen noch zurückbleiben, muss dem Leser überlassen und von den, einander zum Theil sehr widersprechenden, Auslegungen der Autoren Umgang genommen werden.

Wird bloss die Grosshirnhemisphäre einer Seite im Säugthiere abgetragen, so bieten die Bewegungen beider Körperseiten keine auffallenden Unterschiede, oder, wenn solche anfangs bestanden, so schwinden sie bald wieder (Schiff). Diese Thatsache ist um so auffallender, als erheblichere Affectionen einer Grosshirnhemisphäre im Menschen sehr häufig Lähmung, und zwar auf der entgegengesetzten Körperseite (106), zur Folge haben.

Nach Entfernung des Kleinhirnes (Flourens, Wagner, Schiff) tritt in Vögeln kein soporöser Zustand ein, die Sinnesauffassungen bestehen fort, das Thier frisst selbständig, dagegen sind häufig Gleichgewichtsstörungen vorhanden, schwankender Gang, allgemeines Muskelzittern, ferner zunehmende Neigung der Hinterextremitäten zur Streckung, oder Verdrehung des Kopfes und Halses u. s. w. Man hat öfters das Kleinhirn als Coordinationsorgan der Körperbewegungen angesehen; die erwähnten Gleichgewichtsstörungen schwinden aber später wieder, sodass dieselben nicht von dem Defect des Kleinhirns unmittelbar abzuleiten sind. In einem, an einem 11jährigen Mädchen von Combette beobachteten Fall von angebornem Mangel des Kleinhirns, bei kräftig entwickeltem Grosshirn, fehlten Bewegungsstörungen, die intellectuellen Vermögen waren aber nur schwach entwickelt.

Die Bemühungen, den einzelnen Hirnorganen Beziehungen zu specifischen psychischen Thätigkeiten zuzuschreiben, wurzeln grossentheils in althergebrachten psychologischen Anschauungen. Die psychischen Functionen wurden nämlich in der Regel zurückgeführt auf eine bestimmte Anzahl von Grundkräften. Aristoteles z. B. stellte deren 5 auf, und seit den Aristotelikern des Mittelalters betrachtete man vielfach die Seele als ein Aggregat selbständiger und von einander an sich unabhängiger, wenn auch in äusseren Wechselwirkungen mit einander stehenden Vermögen. Dieser Ansicht gegenüber gewann in der neueren Psychologie und Psychiatrik immer mehr die Ueberzeugung Eingang von der Einheit und Untheilbarkeit der Seele, und so wenig man heute daran denkt, den einzelnen physiologischen Functionen specifische Grundkräfte zu unterlegen, von einer „Verdauungskraft," „Nervenkraft" u. s. w. zu reden, ebensowenig glaubt man, dass mit der Annahme besonderer Seelenkräfte als Erklärungsprincip der psychischen Vorgänge irgend etwas gewonnen sei. Das psychologische Raisonnement kann demnach der Annahme besonderer und zahlreicher Hirnorgane als Localitäten specifischer Seelenthätigkeiten nicht günstig sein, und zu demselben Resultat führen die Erfahrungen der Naturforschung, die bloss im Allgemeinen auf eine gewisse Präponderanz des Grosshirns bei den höheren psychischen Functionen hinweisen.

617. Stoffwechsel im Gehirn.

Dass der Stoffumtrieb, sowie die chemische Constitution (s. 70) des Gehirnes innerhalb gewisser Grenzen sich bewegen müsse, wenn die psychischen Thätigkeiten normal von Statten gehen sollen und dass umgekehrt die letzteren nicht ohne Einfluss auf die vegetativen Processe im Gehirn sein werden, versteht sich von selbst. Unser Wissen aber über die Wechselwirkungen zwischen den materiellen Zuständen des Gehirnes und den Seelenerscheinungen geht kaum hinaus über einige allgemeine Sätze, die zum Theil blosse Corollarien der Grundlehren der Physiologie der Ernährung darstellen. Die Vergleichung der chemischen Constitution der Gehirne verschiedener Thiere führt zu keinen, für die vorliegende Frage direkt verwendbaren Resultaten; nach v. Bibra haben höher organisirte Thiere fettreichere Gehirne.

Ueber die Stärke und Qualität des Stoffumsatzes im Gehirn fehlen genauere Anhaltspunkte. Während beim Hungern und in vielen, mit Säfteverlusten verbundenen, Krankheiten die Organe an Masse abnehmen und in ihrer chemischen Constitution wesentlich verändert werden, erleidet das Gehirn nur unbedeutende Veränderungen des Gewichtes und der chemischen Zusammensetzung; namentlich erfährt sein Fettgehalt keine wesentliche Beeinträchtigung (Bibra).

618. Blutcirculation durch das Gehirn.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Blutcirculation durch das Gehirn.

Der arterielle Zufluss zum Gehirn geschieht bekanntlich durch 4 bedeutende Canäle, die beiden Carotides internae und die zwei Vertebrales. Die ersteren versorgen besonders den vorderen, die letzteren den hinteren Theil des Gehirnes mit Blut. Die wichtige Anastomose des Willis'schen Cirkels verbindet sowohl die Hauptarterien der rechten und linken Gehirnseite, als auch das Carotiden- und Vertebralarteriensystem unter sich.

Das Hirnvenenblut hat sehr zahlreiche Auswege, wodurch Stauungen desselben auf das Wirksamste vorgebeugt wird. Die venösen Abflüsse sammeln sich theils an der Oberfläche, theils in den Ventrikeln des Gehirnes, um sich sodann in grössere, gleich den Hirnvenen klappenlose, und unter sich mehrfache Communicationen bietende Canäle (Sinus) zu ergiessen. Die Sinus verlaufen innerhalb der Platten der harten

Hirnhaut; dadurch werden sie einerseits vor äusserem Druck geschützt, andererseits aber auch unfähig sich auszudehnen. Bei Weitem das meiste Blut wird abgeführt durch die Jugulares internae, Fortsetzungen der Sinus transversi beiderseits. Von speciellem hämodynamischen Interesse sind die Sinuszusammenflüsse am sogen. Torcular Herophili. Der Sinus longitudinalis superior mündet nämlich meistens in den Anfang des rechten Sinus transversus, der Sinus rectus dagegen, der besonders das Blut aus den Hirnkammern (Vena magna Galeni) zurückführt, in den Anfang des linken Sinus transversus. Die Ströme des Sinus longitudinalis und Sinus rectus stören sich demnach nicht und gehen an einander vorbei. Die Sinus transversi nehmen in ihrem weiteren Verlauf, bis zu dem Foramen jugulare beiderseits, das Blut fast aller Hirnsinus auf; sie stellen überhaupt einen Centralcanal dar, durch welchen fast alle Sinus direct oder indirect mit einander zusammenhängen und der unter Umständen selbst eine Umkehr der gewöhnlichen Stromrichtungen gestattet; so muss z. B. das Blut von der rechten Seite des Gehirns durch die linke Jugularis abfliessen können u. s. w.

Ausserdem stehen dem Hirnvenenblut noch folgende Abflüsse offen: 1) durch das grosse Hinterhauptsloch; die Hirnsinus sind, vermittelst der Sinus occipitalis posterior und anterior, in Verbindung mit dem Venengeflecht des Wirbelcanals; 2) unter Umständen durch die Fissura orbitalis superior; die beiden Venae ophthalmicae münden in den Sinus cavernosus ihrer Seite; endlich werden 3) durch mehrere kleinere Löcher der Schedelknochen, vermittelst der Vasa emissaria und 4) durch die Venen der Diploë der Schedelknochen Communicationen mit den äusseren Kopfvenen hergestellt.

Minderung der Blutzufuhr. Die Unterbindung einer Carotis ist nach zahlreichen chirurgischen Erfahrungen häufig ohne alle wahrnehmbaren Folgen auf das Gehirnleben; in anderen Fällen wurden Störungen des Sehvermögens der betreffenden Seite, oder Ohnmacht sogleich nach dem Gefässverschluss, oder eine länger andauernde psychische Schwächung, ja selbst in einzelnen Fällen der Tod (als unmittelbare Folge der geminderten Blutzufuhr?) wahrgenommen. Die Unterbindung beider Carotiden, selbst wenn sie in zwei von einander ziemlich entfernten Terminen vorgenommen wird, ist immer von eingreifenden Symptomen begleitet. Nach Abbindung beider Vertebralarterien an Hunden beobachtete A. Cooper als Nächstwirkungen namentlich vermehrte Athem- und Pulsfrequenz, eine Folge der nunmehrigen Blutarmuth der Medulla oblongata. Vollständige plötzliche Absperrung der arteriellen Blutzufuhr bedingt sogleich Bewusstlosigkeit, Convulsionen und sehr schnell der Tod.

A. Cooper unterband einem Hund alle 4 Arterien innerhalb eines Tages; es traten Bewusstlosigkeit, Lähmung der einen Körperseite und Convulsionen auf; nach einigen Tagen aber erholte sich das Thier allmälig. Mehrere Anastomosen leiten dann die Circulation wieder ein; z. B. zwischen der unteren und oberen Arteria thyreoidea; zwischen der Cervicalis ascendens und Zweigen der Carotis externa. Nach Kussmaul und Tenner verfallen Kaninchen, wenn man die Carotiden, sowie die Art. subclaviae vor Abgang der Vertebrales, plötzlich comprimirt, sogleich in tiefe Ohnmacht, und allgemeine Convulsionen. Die Convulsionen stellen sich auch nach Ausschneidung z. B. der Grosshirnhemisphären, ein; sie sind besonders bedingt durch die Stockung der Circulation (nicht aber durch Blutleere) in mehreren Basaltheilen des Gehirns, der Crura cerebri, Pons u. s. w. Plötzliche starke Blutverlüste veranlassen ebenfalls Ohnmacht, Schwinden des Bewusstseins und Convulsionen.

Die Vermehrung der Blutzufuhr zum Gehirn verursacht Schwindel, Irrereden, Betäubung; auch auf Injection von venösem Blut in die Carotis von Thieren folgen schwere Symptome und selbst der Tod (Bichat). Der Uebergang vieler Substanzen (Aether, viele Gase, Narcotica u. s. w.) in das Blut, überhaupt alle eingreifenderen Alterationen der Blutbeschaffenheit, verändern die Hirn- und Seelenfunctionen. Alle diese Thatsachen führen zum

Schluss, dass das Gehirn nicht bloss einen bedeutenden Stoffumsatz (namentlich von absorbirten Gasen) bietet, sondern auch in hohem Grade empfindlich ist gegen viele Veränderungen der Blutbeschaffenheit.

619. Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit.

Die, besonders von Cotugno und Magendie untersuchte Cerebrospinalflüssigkeit erfüllt die Hirnhöhle und umgiebt die ganze freie Oberfläche des Gehirnes und Rückenmarks. Dieselbe zeigt die allgemeinen Charaktere der serösen Flüssigkeiten und führt 1 bis höchstens 2% Fixa (namentlich Eiweiss und grössere Mengen unorganischer Bestandtheile).

Man unterscheidet 1) den Liquor subarachnoideus. Dieser umspült die Cauda equina, das Rückenmark, Gehirn und die Ursprünge aller Nerven; er befindet sich besonders in den Lücken zwischen der Arachnoidea und Pia mater und zwar in der Schedelhöhle namentlich zwischen dem verlängerten Mark und Kleinhirn, und an der Hirnbasis, zwischen dem Vorderrand der Brücke und dem Chiasma opticum, sodass besonders das Infundibulum davon umspült wird. 2) Der Liquor intraventricularis ist, in viel kleineren Mengen, in den seitlichen, sowie dem 3. und 4. Ventrikel enthalten. Das Foramen Monroi und der Aquaeductus Sylvii vermitteln die Communication des Wassers dieser verschiedenen Räume, sowie auch der Liquor intraventricularis mit dem Liquor subarachnoideus nach Magendie frei communicirt durch eine an der Spitze der Schreibfeder des verlängerten Markes befindliche, etwa 3 Linien grosse Oeffnung des unteren Gefässhautvorhanges der Pia mater, welche sichtbar wird, wenn man die Läppchen des unteren Wurmes etwas aufhebt.

Die Flüssigkeit, deren Menge Magendie auf etwa 60 Gramme schätzt, ist ein Schutzmittel für das Gehirn und Rückenmark. Wird die harte Hirnhaut, namentlich zwischen dem Hinterhauptsbein und Atlas angestochen, so stürzt die Flüssigkeit in einem Strahl hervor. Das Gehirn und Rückenmark ist also dem nicht ganz unbedeutenden Druck des Liquor cerebrospinalis ausgesetzt.

620. Hirn- und Rückenmarksbewegungen.

An der grossen Fontanelle kleiner Kinder, in der Knochenlücke von Trepanirten, beim pathologischen Schwund der Knochensubstanz an einer Stelle des Schedels, sowie an Kindern mit Spina bifida (einer Missbildung mit fehlenden Dornfortsätzen der Wirbel) bemerkt man rhythmische Bewegungen in Form abwechselnder Hebungen und Senkungen der Hirnhäute. Man unterscheidet 1) die arterielle Hirnbewegung. Die grossen Arterien des Schedelgrundes, namentlich Carotis interna und Basilaris, dehnen sich aus während der Ventrikelsystole, erheben etwas das Gehirn und drücken die Hirnhäute in die nachgiebige Stelle ein. Diese, mit dem Arterienpuls synchronischen, Bewegungen fehlen in kleinen Thieren und sind auch an grossen im Rückenmark nicht mehr deutlich wahrnehmbar. Viel stärker dagegen ist 2) die respiratorische Hirnbewegung, namentlich bei tiefen und zugleich hastigen Athemzügen. Während der Exspiration heben, zur Zeit der Inspiration aber senken sich die Hirn- und

Rückenmarkshäute. Im Verlauf der Exspiration findet sowohl eine Verstärkung des arteriellen Zuflusses, als eine Minderung des venösen Rückflusses vom Gehirn statt; das Umgekehrte ist der Fall bei der Inspiration.

Im normalen Schedel, der überall geschlossen ist, kann ein solches Ausweichen der Hirnhäute natürlich nicht vorkommen, wohl aber ist gestattet 1) in geringem Grade einige Verschiebung von Hirnwasser innerhalb der Schedelhöhle und 2) das Ausweichen einer kleinen Menge Hirnwasser in den Subarachnoidalraum des Rückenmarkes, dessen Häute einer schwachen Ausdehnung fähig sind. Daraus folgt, dass der Blutvorrath des Gehirnes nur insofern zu- oder abnehmen kann, als namentlich die Menge des Liquor cephalicus entsprechend sinkt oder wächst.

Das Gehirn ist jedenfalls viel mehr als die meisten übrigen Körperorgane vor starken Variationen seiner Blutfüllung geschützt und es ist wahrscheinlich dessen gesteigertes oder gemindertes Stoffwechselbedürfniss nicht von erheblicherer Zu- oder Abnahme seines Blutvorrathes, sondern mehr von grösserer oder geringerer Geschwindigkeit des durchfliessenden Blutes begleitet. In kleinen Kindern mit nachgiebigen Fontanellen wird dagegen der Blutvorrath des Hirnes relativ leichter variiren, ohne Zweifel eine von den Ursachen, warum gerade in dieser Lebensperiode Gehirnsymptome so gerne zu sehr verschiedenartigen Krankheiten sich gesellen.

621. Psychischer Process und Hirnthätigkeit.

Die Grundfrage, bei welcher Physiologie und Psychologie auf halbem Wege sich begegnen, nämlich: in welchem Verhältnisse steht der psychische Process überhaupt zur Hirnthätigkeit, ist von jeher in sehr verschiedener Weise beantwortet worden. Die spiritualistische Hypothese nimmt zwischen dem Seelischen und Materiellen einen wesentlichen Gegensatz an. Die Seele ist ein von der Materie durchaus Verschiedenes, ihrem innersten Wesen nach betrachtet, für sich Bestehendes, und desshalb, trotz vielfacher und inniger Wechselbeziehungen mit dem Leib, mit diesem doch nur »äusserlich« verbunden. Die materialistische Hypothese dagegen läugnet das Vorhandensein eines besonderen Seelischen; die psychischen Erscheinungen sind lediglich Effekte von im Hirn ablaufenden physiologischen Processen; psychische Thätigkeit ist nichts anderes als Hirnfunction, beide verhalten sich wie Wirkung und Ursache. So sagte, um einen prägnanten Ausdruck für diese Anschauung anzuführen, Cabanis, »um sich eine genaue Vorstellung zu machen von den Operationen, aus welchen der Gedanke hervorgeht, muss man das Hirn betrachten als ein specifisches Organ, befähigt, den Gedanken zu erzeugen, gerade wie der Magen und die Gedärme die Verdauung bewirken, wie die Leber die Galle aus dem Blute filtrirt.«

Der Spiritualismus ist natürlich ausser Stand, sich irgend welche Vorstellung zu bilden 1) von den Wechselbeziehungen zwischen Leib und Seele (wie soll ein Immaterielles, d. h. ein den Gesetzen der Körperwelt Entzogenes, auf das Materielle einwirken und umgekehrt vom Letzteren Anstösse empfangen?) und 2) von den Schicksalen der Seele, wenn der Leib, mit dem sie verbunden ist, zerfällt. Hierin bietet der Materialismus im Princip keine Schwierigkeiten;

wohl aber beginnen diese sogleich, wenn es sich auch nur um den ersten, noch so kleinen Schritt auf diesem Gebiet handelt. Liegt schon zwischen niedereren psychischen Vorgängen, z. B. den sinnlichen Empfindungen des Roth, des Bittern u. s. w. und den, diese Empfindungen unmittelbar erregenden Nervenprocessen, eine unausfüllbare Kluft; sind wir, mit einem Worte, schon da, wo die Seele notorisch angeregt wird von einem bestimmten Aeusseren, nicht entfernt im Stande, einzusehen, wie die hier unläugbar vorhandene besondere materielle Bewegung im Hirn umgesetzt wird in diese besondere Form von Empfindung; was nützt es uns dann, auch die höheren, von der Aussenwelt zunächst unabhängigen, Leistungen der Seele, die Vorstellungen, Begriffs- und Urtheilsbildungen, in aller ihrer unendlichen Vielheit, als Resultate von ebenso vielen correspondirenden Bewegungen der Hirnsubstanz anzusehen! Der seelische Vorgang ist demnach bei dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens schlechterdings nicht vergleichbar mit irgend einem physischen Vorgang, also nicht erklärlich aus materiellen Veränderungen im Gehirn. Wenn mit veränderten Zuständen des Hirns (614) auch die psychischen Functionen vielfach anders sich gestalten, so beweist das eben nur, dass — was Niemand läugnet — die Seele bestimmbar ist vom Gehirn aus und dass die Intensität, Klarheit u. s. w. des psychischen Processes abhängen kann von Zuständen des Gehirnes. Aber alle diese Momente, welche der Materialismus so sehr betont, die Blutzufuhr, die chemische Constitution, der Grad und die Art des Stoffwechsels, kurz sämmtliche physische Charaktere und Vorgänge im Hirn, sie sind bloss von modificirendem Einfluss auf die Seele, nun und nimmermehr aber stellen sie die wahren, zureichenden, nächsten Ursachen der Seelenerscheinungen selbst dar. Ist der Materialismus somit nicht im Stande, Seelisches und Materielles wissenschaftlich zu vermitteln, so entrückt sich der Spiritualismus geradezu der Beurtheilung der Naturwissenschaft, die es ja nur mit sinnlichen Dingen, mit materiellen Bewegungen zu thun hat. Diese fundamentalen Fragen sind, wenn es sich um positive Aufschlüsse handelt, jeder eindringlicheren naturwissenschaftlichen Analyse unzugänglich; ihre Verfolgung auf apriorischem oder gar dem, uns vollständig fremden, rein speculativen, Weg, gehört nicht hieher. Die Physiologie muss sich also auf die Kritik der von den streitenden Parthieen versuchten Beweisführungen beschränken, wobei es sich für den Unbefangenen jedesmal herausstellt, dass die vorhandenen Thatsachen keiner sicheren, unzweideutigen Auslegung fähig sind. Aber auch dieses Ergebniss ist für die Wissenschaft von Bedeutung, der Nachweis nämlich und die gewonnene Ueberzeugung, dass wir hier an der Grenze des Wissens und Begreifens angelangt sind.

622. Wechselwirkungen zwischen Seele und Organismus.

Von den drei Hauptformen der psychischen Thätigkeit: (sinnliche und Gemeingefühls-) Empfindung, willkürliche Bewegung und Vorstellung, wurden die beiden ersteren, sammt ihren somatischen Bedingungen, in früheren Abschnitten

abgehandelt; wir betrachten demnach hier vorzugsweise nur die Einflüsse, welche die Vorstellungen auf den Körper ausüben und umgekehrt die Bestimmungen, welche die Seele vom Gesammtorganismus aus erhält.

Die reciproke Abhängigkeit von Seele und Körper wird vermittelt durch das Gehirn und die Nerven; ausserdem aber beeinflusst der Körper das Gehirn auch vermöge des durch letzteres strömenden Blutes. Diese beiderseitigen Einwirkungen sind entweder excitirend, fördernd, oder deprimirend, hemmend. Wohlbefinden des Körpers unterstützt den Gang der psychischen Thätigkeiten, wogegen diese durch zahlreiche Krankheitszustände beeinträchtigt werden; sowie andererseits auch die Seele, je nach ihren Stimmungen, entsprechende Begleitzustände des Körpers zur Folge hat. Zwischen diesen beiden, mannigfaltiger quantitativen Abstufungen fähigen Extremen, liegt ein neutrales Gebiet; d. h. es giebt viele Zustände des Körpers, welche das psychische Verhalten nicht, oder doch nicht merklich beeinflussen und umgekehrt. Die hauptsächlichsten Bestimmungsglieder bei diesen Wechselwirkungen sind:

I. Intensität des primären Processes. Je stärker die psychische Bewegung, um so leichter stellen sich begleitende oder nachfolgende somatische Wirkungen ein, und um so stärker und ausgebreiteter werden dieselben; beim Erwachsenen z. B., der viel heftigerer psychischer Erschütterungen fähig ist, viel leichter und häufiger als beim Kind. Andererseits wächst mit zunehmender Intensität der somatischen Bewegung der secundäre psychische Effect; leichte Schmerzen z. B. verändern nur wenig, heftige dagegen sehr bedeutend das psychische Verhalten.

II. Qualität des primären Processes. Bestimmte Seelenzustände lösen mit Vorliebe gewisse körperliche Wirkungen aus, und umgekehrt. Solche specifische Wirkungen treten um so sicherer auf, je intenser der primäre Process und je mehr bei demselben unser eigenes Ich betheiligt ist. Das ruhige objective Denken einerseits alterirt den Körper, die einfache Sinnesempfindung andererseits die Seele verhältnissmässig nur wenig, während starke Gemeingefühlsempfindungen die Seele specifisch anregen und intense Affecte und Leidenschaften den Körper auf's Heftigste erschüttern. Manche Affecte weisen eine grosse Regelmässigkeit in ihren körperlichen Reflexen auf, während andererseits viele specifische Stimmungen der Seele, sogen. »psychische Gefühle,« veranlasst werden durch bestimmte Nervenerregungen. Gewisse Organe bieten sogar ganz constante Wechselwirkungen mit der Seele, so namentlich die Speicheldrüsen, der Magen und die Geschlechtstheile. Sie erregen nämlich intense, auf ihre Functionen bezügliche Vorstellungen, Affecte und Leidenschaften, während umgekehrt analoge Vorstellungen wieder rückwirken auf die betreffenden Organe selbst.

III. Erregbarkeit des abhängigen Theils. Die psychische Receptivität für somatische Eindrücke wechselt in hohem Grade nach der Individualität und nach den vorübergehenden Gemüthsstimmungen; dessgleichen können psychische Bewegungen derselben Art in verschiedene somatische Wirkungen um-

schlagen. Besonders zugänglich für psychische Reflexe sind die Organe, wenn sie im Maximum ihrer Thätigkeit oder in gewissen pathologischen Zuständen sich befinden. Desshalb sind Gemüthsbewegungen eine zahlreiche Quelle von Verschlimmerungen und Recidiven in Krankheiten und von den Kranken sorgfältig abzuhalten. Durch längere Dauer und häufige Wiederkehr können übrigens die somatischen Wirkungen vieler Affecte bedeutend geschwächt werden.

Die Alten haben die Wechselbeziehungen zwischen Seele und Körper, namentlich die materiellen Bedingungen des psychischen Verhaltens, viel zu starr und dogmatisch aufgefasst, z. B. in der bekannten Lehre von den Temperamenten. Neuerdings haben besonders J. Müller und Domrich die Rückwirkungen des Vorstellens auf somatische Organe einer ausführlichen physiologischen Analyse unterworfen.

623. Einfluss körperlicher Zustände auf die psychischen Thätigkeiten.

Die Gemeingefühle sind hier allen anderen Ursachen voranzustellen; ihr tiefgreifender Einfluss auf das psychische Verhalten wurde schon in 455 angedeutet. Das Gefühl des Wohlbefindens (462), ein allgemeines Muskelgefühl, wirkt mächtig fördernd auf den Gang der psychischen Thätigkeiten. Es begünstigt die Operationen des Verstandes, gestattet intensives und anhaltendes Denken, verleiht der gemüthlichen Stimmung eine, mit der Individualität harmonische Richtung; es vermehrt unser Selbstgefühl, disponirt für freudige Gemüthsbewegungen und deren Steigerungen zu excitirenden Affecten: Heiterkeit, Lustigkeit, Entzücken, Hoffnung, Muth u. dgl., welche dann ihrerseits wieder fördernd zurückwirken auf die somatischen Verrichtungen. Das Gefühl des Uebelbefindens, der Abgeschlagenheit u. s. w. stört die Operationen des Verstandes, wenigstens quantitativ, in hohem Grad. Die Ideenassociation ist herabgesetzt; wenige Vorstellungen beschäftigen den Menschen; in den höheren Graden stellt sich nicht bloss Unlust, sondern selbst Unfähigkeit zum Denken ein. Die gemüthliche Stimmung nimmt den Charakter der Depression an; traurige Gemüthsbewegungen und Affecte herrschen vor; von leichter »Verstimmung« und Traurigkeit bis zu den intenseren Zuständen des Kummers, Grames u. s. w.; man ist zu Sorge, Furcht, Angst disponirt; Verdruss, Aerger und analoge Affecte können bei geringfügigen Veranlassungen auftreten. Diese deprimirenden Beeinflussungen der Seele durch den Körper sind um so stärker, je intenser die veranlassenden Gemeingefühle sind und je mehr dieselbe Organe treffen, die gewöhnlich uns keine Empfindungen verschaffen (Brust- und Unterleibsorgane). Jedes Gemeingefühl hat endlich als solches etwas Specifisches oder bezieht sich auf einen besonderen Körpertheil; desshalb geben viele Gefühle der Art, z. B. Schwindel, Hunger, Ekel, den Vorstellungen und dem gesammten psychischen Verhalten noch ganz besondere Richtungen.

Die objectiven Sinnesempfindungen lassen häufig die Individualität des Empfindenden unbetheiligt; sie sind übrigens ebenfalls im Stande, den Empfindenden auf das Vielfachste, namentlich gemüthlich anzuregen, wenn-

gleich ihr Einfluss nicht so tief reicht, als der der Gemeingefühlssensationen (traurige und fröhliche Melodien; excitirende und deprimirende Farben u. s. w.).

Endlich beeinflusst der Körper die Seelenthätigkeiten in sehr bemerkenswerther Weise vermöge der Beschaffenheit des durch das Gehirn fliessenden Blutes. Die gehörige Zufuhr von arteriellem Blut, also namentlich von Sauerstoff, zum Hirn ist eine Bedingung der freien Entfaltung der psychischen Thätigkeiten. Viele Blutveränderungen, namentlich stark venöse Blutbeschaffenheit, Anwesenheit gewisser Producte des pathologischen Stoffwechsels, sowie der Uebergang von Spirituosen, narcotischen Substanzen u. s. w. in das Blut, können die psychischen Functionen in hohem Grade verändern. Vieles kommt dabei, abgesehen von der Natur dieser chemischen Körper selbst, auf die Menge derselben und die Schnelligkeit ihres Ueberganges in das Blut an. Geringe Gaben Narcotica und Spirituosa veranlassen psychische Gefühle und Affecte mit dem Charakter der Excitation; Freude, Fröhlichkeit u. s. w.; sie befördern die Association der Ideen und zwar besonders der phantastisch-plastischen Vorstellungen; viel weniger aber das abstracte Denken, dem sie sogar meist hinderlich sind. In stärkeren Graden der Wirkung werden die immer noch lebhaften Vorstellungen unregelmässig, selbst bizarr, und erhalten fast noch intensivere sinnliche Färbungen. Die stärksten Grade aber sind von vollständigem Verlust des Bewusstseins, heftigen Delirien und endlich tief soporösen Zuständen begleitet.

624. Einfluss der Vorstellungen auf die Sinne.

Unsere Vorstellungen, ganz besonders diejenigen sinnlicher Dinge, sind behaftet mit den Attributen der Sinnlichkeit; unsere Gedanken werden also auch beim vollständigen Abschluss der Sinnesreize gewissermaassen von Surrogaten der Empfindungen begleitet, welche eine gewisse Deutlichkeit gewinnen und selbst in förmliche Empfindungen übergehen können.

Man unterscheidet folgende Fälle: 1) Einfach sinnliches Vorstellen, z. B. von Farben, Formen, Tönen. 2) Sinnliches Erinnern, d. h. das Vorstellen früher gehabter specieller Sinnesempfindungen, bezüglich der Formen z. B. sehr lebhaft bei bildenden Künstlern. 3) Phantastische Vorstellungen. Sie bestehen weder in Wiederholungen früherer Sinnesempfindungen, noch in ganz neuen Schöpfungen. Sie sind vorzugsweis ausgestattet mit den Qualitäten der Sinnlichkeit, mit prächtigen Farben, enormen Dimensionen, auffallenden Formen. Hieher gehören viele sinnlichen Traumvorstellungen. 4) Aber nicht bloss sinnliche, sondern auch höhere Vorstellungen sind begleitet von manchfaltigen Anklängen der Sinnlichkeit; die Production vieler abstracten Begriffe verbindet sich häufig mit verwandten sinnlichen Vorstellungen. Das gesammte Denken des normal hörenden Menschen erfolgt in gehörten Sprachlauten, nicht aber in Lettern der Schriftsprache, welche letztere den Process zu sehr verlangsamen würden; desshalb denkt man immer in derjenigen Sprache, die dem Denkenden die geläufigste ist.

Am bevorzugtesten ist beim sinnlichen Vorstellen der Seh- und Hörsinn,

viel weniger das Getast. Geruch und Geschmack stehen auch hierin weit zurück. Es können auch Gemeingefühlsempfindungen und in seltenen Fällen selbst Schmerzen durch sehr lebhafte Vorstellungen erregt werden. Die sinnlichen Vorstellungen sind in der Regel ausserordentlich viel schwächer und blässer als die entsprechenden Sinnesempfindungen, nur die sinnlichen Traumvorstellungen können unter Umständen einen bemerkenswerthen Grad von Lebhaftigkeit gewinnen und selbst nach dem Erwachen einige Augenblicke als verblassende Nachempfindungen fortbestehen (Gruithuisen). In Bezug auf die Deutlichkeit der sinnlichen Vorstellungen überhaupt kommen die grössten individuellen Unterschiede vor, wobei aber die ursprünglichen Anlagen sehr viel maassgebender sind, als alle Einflüsse der Uebung und Gewöhnung.

Die sinnlichen Vorstellungen beruhen keineswegs auf Energieen der peripheren Sinnesnerven, denn auch bei Blind- und Taubgewordenen fehlen Gesichts- und Gehörvorstellungen nicht, obschon sie mit zunehmender Dauer des Defectes dieser Sinne immer seltener und schwächer werden. Bei in früher Jugend Erblindeten hören die Gesichtsvorstellungen endlich ganz auf. Der Vorgang des sinnlichen Vorstellens ist offenbar von in den Nervencentren ablaufenden Processen begleitet; von welcher Natur diese aber sind, wie sie sich verhalten zum psychischen Akt des Vorstellens, sowie zu den, die objectiven Empfindungen veranlassenden Nervenprocessen, ist völlig unbekannt. Die hieher gehörigen Sinnestäuschungen s. 322. No. 5—7.

625. Einfluss der Vorstellungen auf die Muskeln.

Die motorischen Nerven und die Muskeln sind in höherem Grade und, was die Hauptsache ist, in constanterer Weise abhängig von Zuständen der Seele, als die übrigen Systeme des Organismus überhaupt und die sensibelen Nerven insbesondere. Sehen wir ab von den rein willkürlichen Bewegungen — bei welchen die Abhängigkeit der Muskeln von der Seele sich von selbst versteht — so sind etwa folgende Verhältnisse zu unterscheiden:

1) Die psychischen Einflüsse auf den Muskelzustand überhaupt. Alle deprimirenden Vorstellungen, Affecte und Leidenschaften setzen die Muskelkraft mehr oder weniger herab; die Gesichtszüge werden schlaff, das Auge starr, die Stimme schwach, die Beine tragen den Rumpf weniger gut, die gewollten Bewegungen geschehen schwach, selbst zitternd und ungenau. Die excitirenden Vorstellungen und Affecte dagegen erhöhen die Leistungsfähigkeit der Muskeln; die gewollten Bewegungen gehen kräftig und schnell von Statten und sind häufig von Mitbewegungen begleitet; die Athembewegungen sind gesteigert, die Gesichtszüge nehmen bestimmte prägnante Charaktere an. Die meisten Gemüthsbewegungen, excitirende wie deprimirende, vermehren die Zahl der Herzschläge und zwar um so mehr, je plötzlicher und je heftiger sie auftreten.

2) Bewegungen nach Vorstellung von Bewegungen. Vorstel-

lungen einer Bewegung veranlassen in uns sehr häufig Erregungen der betreffenden Muskulatur und zwar von bloss leichten Muskelinnervationen an, welche höchstens Spuren schwacher Muskelgefühle verursachen, bis hinauf zur Ausführung starker, energischer Bewegungen selbst. Die einzelnen Muskelgruppen sind übrigens diesen psychischen Einflüssen in sehr verschiedenem Grade zugänglich, am meisten die Muskeln des Gesichtes, des Bodens der Mundhöhle, (die Vorstellung von Gähnen reflectirt sich regelmässig auf diese Muskeln) und die Athemmuskeln. Solche Bewegungen treten leichter ein, wenn sich die betreffenden Vorstellungen auf unseren eigenen Körper beziehen.

Auch manche automatisch und maschinenmässig ausgeführte Bewegungen werden durch psychische Zustände mannigfaltig beeinflusst. Jede Vorstellung von Athembewegungen verändert sogleich unsere eigene Respirationsrhythmik; sind wir im Gehen begriffen, so werden unsere Schritte augenblicklich etwas verändert, wenn unsere Vorstellungen dem Gehen überhaupt sich zuwenden. Endlich können solche maschinenmässig ausgeführten Bewegungen sogar vorübergehend zum Stillstand kommen, wenn irgend ein, uns stark beschäftigender Gedanke auftaucht: wir bleiben plötzlich stehen beim Gehen, wir hören auf mit einer Handarbeit u. s. w.

3) Vorstellungen von Dingen und Körperzuständen, die mit bestimmten Bewegungen gewöhnlich verknüpft sind, lösen solche Bewegungen aus. Die Vorstellung ekelhafter Dinge kann Ekel, d. h. anomale Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes nach sich ziehen. Hieher gehören auch die, entweder nur angedeuteten oder selbst leise und schwach ausgeführten Bewegungen der Stimm- und Sprechwerkzeuge, welche unsere *Vorstellungen gehörter Sprachlaute* so häufig begleiten.

4) Die bisher behandelten Erscheinungen im Muskelsystem haben an sich — wenn auch die innere Mechanik und somit die Nothwendigkeit der Vorgänge selbst nicht aufgeklärt ist — nichts Auffallendes und erscheinen uns fast als natürliche Begleiter der Seelenzustände. Es gibt aber noch zahlreiche Vorstellungen, die sich nicht, oder bei Weitem nicht ausschliesslich, auf Muskeln und Bewegungen beziehen und die gleichwohl bestimmte Zustände im Muskelsystem mit einer gewissen Gesetzmässigkeit auslösen: nämlich *Veränderungen des Blickes und Gesichtsausdruckes*, sowie *gewisse Stellungen und Bewegungen des Körpers und der Gliedmaassen.* Vieles hieher Gehörige lässt keine kurze Darstellung zu, wir beschränken uns desshalb auf die

626. Mimischen Bewegungen.

Man hat häufig die Configuration des Antlitzes, insofern sie auf der Entwickelung der Knochen und stabilen Weichtheile beruht, in Zusammenhang mit bestimmten seelischen Vermögen gebracht, eine Ansicht, die, so vielfach sie auch von nicht naturwissenschaftlich Gebildeten getheilt wird, im Grund kaum

etwas besser ist, als die alte Chiromantik und Metoposcopie und die moderne Phrenologie. Die exacte Physiologie beachtet derlei Bemühungen nicht. Dagegen stehen die Muskeln als nicht stabile Theile des Antlitzes, in hohem Grade unter dem Einfluss der Seele, indem dieselben, je nach ihren Ruhezuständen, Thätigkeitsgraden und Combinationen zu Gesammtbewegungen, dem Antlitz auf das Schnellste die verschiedensten Formen verleihen. Die Erfahrung lehrt hierüber Folgendes:

1) Bestimmte mimische Bewegungen sind mehr oder weniger constante Begleiter bestimmter psychischer Bewegungen; sie ermöglichen desshalb in vielen Fällen sichere Schlüsse auf die jeweiligen psychischen Vorgänge selbst.

2) Je thätiger die Seele, desto ausdrucksvoller ist das Gesicht. Desshalb ist das Antlitz des Idioten ausdruckslos und auch das des Schlafenden von der Art, dass mit allem Recht — selbst die Träume nicht ausgenommen — auf Abwesenheit intenser psychischer Processe geschlossen werden darf. Darum bietet auch das Kind nur wenige Wechselzustände seines Antlitzes, die erst mit zunehmender seelischer Entwicklung immer zahlreicher und ausgeprägter werden. Dabei sind aber nicht bloss unsere eigenen psychischen Bewegungen maassgebend, sondern sehr vielfach auch das, was wir an den Mienen der Nebenmenschen absehen. Am Blinden verliert sich in der That das Mienenspiel immer mehr.

3) Die mimischen Bewegungen bieten der Intensität nach, in sonst mit einander vergleichbaren Menschen und bei denselben psychischen Veranlassungen, grosse Unterschiede, was sowohl von dem Zustand des Nerven- und Muskelsystems, als auch von dem Verhältniss der Muskeln zu den übrigen Weichtheilen des Gesichts abhängt.

4) Die häufige Wiederholung derselben Bewegung bringt die betreffenden Muskeln zu stärkerer Entwicklung, wodurch das Antlitz auch im ruhigen Zustand nach und nach einen bleibenden Typus, als mehr oder weniger specifischen Ausdruck eines bestimmten geistigen Charakters gewinnt.

5) Die mimischen Bewegungen unterstützen, namentlich vermöge der durch sie bedingten Muskelgefühle, entschieden die Auffassung und Beurtheilung unserer eigenen Seelenzustände. Ja noch mehr, gewisse Lagen der Theile unseres Gesichts veranlassen sogar gewisse Seelenstimmungen, und die letzteren verschwinden leichter, wenn die Lage jener Theile geändert wird, z. B. wenn wir mit der Hand die Runzeln der Stirn glätten und damit das durch die Thätigkeit des M. frontalis bedingte Gemeingefühl beseitigen.

6) Die mimischen Bewegungen befriedigen ein somatisches, wie psychisches Bedürfniss. Verziehen des Gesichtes und Schreien z. B. sind nicht bloss Begleiter, sondern auch Erleichterungsmittel heftiger Schmerzen. Das Unterdrücken des Lachens kann bei fortbestehenden adäquaten Vorstellungen unangenehme Muskelgemeingefühle hervorrufen.

7) Viele der durch angenehme Vorstellungen, Affecte u. s. w. ausgelösten mimischen Bewegungen gleichen denjenigen Bewegungen der Gesichtsmuskeln, welche angenehme Gemeingefühle oder harmonische objective Sinnesempfindungen

begleiten. Derselbe Parallelismus besteht zwischen unangenehmen, deprimirenden Vorstellungen und disharmonischen Sinneserregungen. Im ersten Fall z. B. zeigt der Mund den Ausdruck einer süssen Geschmacksempfindung oder das Antlitz überhaupt den einer angenehmen Geruchssensation; im zweiten Fall stellt sich der Ausdruck einer bitteren Geschmacksempfindung u. s. w. ein. Es finden also bei den Vorstellungen gewissermaassen imaginäre, adäquate Mitempfindungen der Sinnesorgane statt.

8) Eine sehr grosse Zahl mimischer Bewegungen bezieht sich auf imaginäre sinnliche Objecte, die wir gewissermaassen an die Stelle unserer Vorstellungen setzen. Einige Beispiele werden das Gesagte am besten darthun: Wer Interesse hat für das, was um ihn vorgeht, wer genau beobachten, wer handeln will, fixirt die Objecte bestimmt und anhaltend. Der geistesrege, willenskräftige, entschlossene Mensch, der Vertrauen zu sich hat, bietet einen festen Blick; wogegen der unstäte Blick auf Theilnahmlosigkeit, Unlust oder Unfähigkeit zum anhaltenden Nachdenken, Mangel an Vertrauen in sich, Schuldbewusstsein deutet. — Selbst das ruhige objective Denken ist von mimischen Bewegungen begleitet, als wolle man die, zu sinnlichen Objecten gemachten, Vorstellungen festhalten und als habe man zugleich eine starke mechanische Arbeit auszuführen (z. B. Aneinanderpressen der Zahnreihen, Zusammenkneifen der Lippen, Spannung der Augenmuskeln zum Fixiren der Objecte, Runzeln der Stirn, überhaupt grössere Innervation der Gesichtsmuskeln wie beim Heben einer Last u. s. w.). Dazu gesellen sich noch Bewegungen mit Händen und Fingern, gleichsam als stelle man die gedachten Objecte vor sich hin, als wende man sie um, deute auf ihre verschiedenen Theile u. s. w. — Der Zornige reisst die Augenlider auf, die Augen blicken starr, die Zähne werden zusammengepresst, die Füsse stampfen auf den Boden, die Faust ballt sich u. s. w., also auch hier lauter Bewegungen, wie zum Angriff oder zur Vertheidigung gegen imaginäre sinnliche Objecte.

Die unter 7 und 8 hervorgehobenen Momente, welche die betreffenden Vorgänge aus, als analog angenommenen, anderweitigen Erscheinungen zu motiviren suchen, sind namentlich von J. Müller und Piderit für die Analyse der speciellen mimischen Bewegungen verwerthet worden; von einer Darlegung freilich der organischen Nothwendigkeit, der strengen Gesetzmässigkeit dieser Bewegungen kann zur Zeit noch keine Rede sein. Besonders beachtenswerth für eine künftige Analyse der mimischen Bewegungen scheint uns die Verschiedenheit der Muskelgemeingefühle zu sein, welche diese Bewegungen begleiten.

Gewisse Muskeln des Auges, Antlitzes und Unterkiefers stehen in höherem Grad und häufiger, als die übrigen Muskeln jener oder anderweitige Körperstellen unter dem Einfluss specifischer Seelenzustände. Es kann nur in aller Kürze auf einige mimische Bewegungen des Blickes und Mundes eingegangen werden. Zur Untersuchung der Functionen der einzelnen Muskeln, dienen die gehörig localisirbaren electrischen Ströme der Inductionsmaschine und zwar an normalen Lebenden, oder, noch zweckmässiger, an tief Chloroformirten (Ziemssen) oder so eben Verstorbenen (Duchenne).

627. Mimik der Augen.

Der Musc. frontalis zieht Stirnhaut und Augbraue in die Höhe, legt die Stirnhaut in Querfalten und unterstützt, indem er auch das Anglid erhebt, den Levator palpebrae superioris. Beide Muskeln wirken synergisch; sie öffnen das Auge weit und anhaltend, wodurch das Antlitz den Ausdruck von Aufmerksamkeit überhaupt gewinnt. Schwache Contractionen derselben, namentlich des Frontalis, drücken Interesse, Neugierde, Gutmüthigkeit, angenehme Vorstellungen überhaupt aus und verleihen dem Gesicht einen heiteren Ausdruck. Stärkere Contractionen begleiten die Verwunderung, die stärksten die angenehme Ueberraschung oder den Schauder und Schreck.

M. m. corrugatores supercilii nähern die inneren Enden beider Augbrauen und ziehen dieselben etwas herab, erleichtern den Augenverschluss und legen den mittleren Theil der Stirnhaut in Längsfalten. Je nach seinem Thätigkeitsgrad verengert der Orbicularis palpebrarum die Augenspalte, oder schliesst sie einfach oder unter Bildung zahlreicher und starker Faltungen der Auglider und der benachbarten Hautparthieen. Diese Bewegungen treten ein bei zu starkem Licht und sonst auch bei unangenehmen Erregungen der Sinne, Schmerzen, unangenehmen oder schwierigeren Vorstellungen (Längsfaltungen der Stirnhaut!). Verengung der Augenspalte vorzugsweis durch Senkung des obern Lids (Nachlass der Wirkung des Levators) drückt Schläfrigkeit, Theilnahmlosigkeit, Mangel an Vorstellungen aus. Der Corrugator und Orbicularis sind demnach die mechanischen und psychischen Antagonisten der beiden erstgenannten Muskeln.

Die Physiognomik des Blickes wird bestimmt 1) durch den Glanz der Augen (saftreiche Bulbi mit bedeutendem Stoffwechsel und starker, die Lichtreflexion begünstigender Spannung der Hornhaut verleihen den Ausdruck geistiger Lebhaftigkeit); 2) die Grösse der Augenspalte (s. o.); 3) die Richtung des Augapfels (erhebende Vorstellungen und Affecte erheben, deprimirende senken die Augenaxe, stark excitirende, z. B. Zorn, Wuth, stellen dieselbe horizontal); 4) die Schnelligkeit und den sonstigen Verlauf der Augenbewegungen (s. 626); 5) die begleitenden Bewegungen des Kopfes, welche harmonisch oder disharmonisch (z. B. versteckter Blick bei gesenktem Kopf) mit den Bewegungen und Stellungen der Augen geschehen können; ganz besonders aber 6) die von J. Müller näher gewürdigten Convergenzgrade beider Sehaxen. Auch wenn wir kein bestimmtes Object betrachten, nehmen die Sehaxen eine bestimmte Convergenz an, die (wenn man absieht von Einflüssen der Bulbusmuskeln selbst, der Kurz- oder Weitsichtigkeit, der Beschäftigungsweisen und durch äussere Momente bedingten Gewöhnungen) in manchfaltiger Weise unter dem Imperium der Seele steht. Erhebende Vorstellungen und Affecte fordern ein grosses imaginäres Sehfeld und begünstigen geringe Convergenzen oder selbst den Parallelismus der Sehaxen. Phantasiereiche Menschen haben einen Blick in die Weite. Die deprimirenden Affecte dagegen rufen die

Tendenz hervor zur Verringerung des imaginären Sehfeldes und verleihen den Sehaxen eine starke Convergenz.

628. Mimik des Mundes.

A) Mundverschluss.

In der Gleichgewichtslage der Mundmuskeln ist der Mund geschlossen, die Mundlinie hat einen wellenförmigen Verlauf und die Zahnreihen berühren einander, jedoch ohne Druck. Die inneren (die Mundöffnung umgebenden) Fasern des M. orbicularis oris drücken die Lippen aneinander und gegen die Zähne, die rothen Lippensäume werden mehr nach einwärts gezogen und die Mundlinie verlauft gerade. In höheren Graden des Mundverschlusses verschwinden die rothen Lippensäume vollständig und die synergisch wirkenden Kaumuskeln (Masseter, Temporalis) pressen den Unterkiefer heftig gegen den Oberkiefer. Diese Mundstellungen begleiten das Sträuben gegen Einverleibung unangenehmer Geschmacksstoffe, die wirkliche Empfindung intensiv bitterer Substanzen, sowie anderweitige disharmonische Sinnesempfindungen und Schmerzen überhaupt; unangenehme Vorstellungen, namentlich von Schmerzen (eigene wie fremde); endlich das Heben starker Lasten und gewisse Affecte und Leidenschaften, welche überhaupt die Muskelkräfte excitiren (verbissener Zorn u. dgl.). Als habitueller Gesichtsausdruck spricht der mehr als gewöhnlich geschlossene Mund — je nach der begleitenden Mimik des Blickes — für Vorsicht, Schweigsamkeit, Hartnäckigkeit, Muth oder Stolz.

Die peripheren Fasern des Orbicularis oris drängen die Lippen, unter Faltenbildungen und mit bedeutender Verkleinerung der horizontalen Mundlinie, nach vorwärts (Küssen, Prüfen von Schmeckstoffen; süsse Geschmacksempfindungen und gewisse Richtungen des Gemüthes, für welche der Sprachgebrauch geradezu die Bezeichnung »süsslich« gewählt hat).

B) Offenhalten des Mundes.

I) Anhaltendes Offenhalten des Mundes **durch Senkung des Unterkiefers** kommt, abgesehen von gewissen Krankheiten der Nasenhöhlen, vor 1) bei allgemeiner Muskelschwäche (im Verlauf schwächender Krankheiten, bei ausschweifenden Menschen); 2) bei geringer geistiger Entwickelung, wobei das Imperium der Seele über die Muskeln überhaupt bedeutend abgenommen hat; 3) bei Schwerhörigen. Mimisch drückt dieser Gesichtszug, je nach den begleitenden anderweitigen Bewegungen, Aufmerksamkeit, Neugierde, Staunen, Schreck oder Entsetzen aus.

II) Oeffnen des Mundes mittelst **Herabziehen der Unterlippe** verleiht den Ausdruck von Trauer, Widerwille oder Schreck.

Ausser dem Depressor labii inferioris wirkt hier, nach **Duchenne**, auch der Platysmamyoides, welcher den unteren Theil der Gesichtshaut nach abwärts und auswärts zieht und die untere Zahnreihe entblösst. Zugleich mit der Contraction des Frontalis und der Kaumuskeln drückt er heftigen Schreck aus.

III) Oeffnen des Mundes durch Heben der Oberlippe (Levator labii sup. alaeque nasi, Levator labii sup. proprius) verkürzt den senkrechten Durchmesser der Oberlippe bedeutend, entblösst die obere Zahnreihe, hebt die Nasenflügel unter zahlreichen Faltenbildungen der Wangen- und Nasenhaut und verursacht einen weinerlichen verdriesslichen Gesichtsausdruck. Letztere Wirkung hat auch der Zygomaticus minor.

IV) Oeffnen des Mundes durch beiderseitige Entfernung der Lippen von einander, drückt Wuth (gleichzeitiges Aneinanderpressen der Zahnreihe), oder Staunen und Entsetzen (Senken des Unterkiefers) aus.

C) Mundwinkel.

I) Aufwärts- und Auswärtsbewegung der Mundwinkel. Der specifische Lachmuskel ist der Zygomaticus major: die Mundwinkel werden nach aus- und aufwärts bewegt, der Mund breiter, die Backen unter eigenthümlichen Faltenbildungen nach oben gedrängt. Das Grübchen in der Wange des Lachenden rührt vom Risorius Santorini her. Die Thätigkeit dieser Muskeln verleiht dem Gesicht immer den Ausdruck der Heiterkeit. Auf die zahlreichen qualitativen und quantitativen Abarten und die psychische Analyse des Lachens kann nicht eingegangen werden. Die entgegengesetzte Bedeutung hat:

II. Die Abwärtsbewegung der Mundwinkel (M. depressor anguli oris). Das Gesicht erhält dadurch den Ausdruck der Traurigkeit. Die Wirkung dieses Muskels wird sehr unterstützt durch die Thätigkeit des Levator menti, welcher die mittleren Theile der Unterlippe bedeutend hebt, die Mundlinie stark concav nach abwärts macht und den mimischen Zug der Verachtung in hohem Grad ausdrückt. Als sensorisches Analogon dieses psychischen Vorganges sind die Lippenbewegungen bei üblen Gerüchen zu betrachten: die schnell durch den Mund getriebene Exspirationsluft stosst die Lippen, namentlich die untere, nach vorwärts, bei gleichzeitiger Hebung des Kinnes und der Unterlippe, wodurch zwischen beiden eine tiefe Furche entsteht.

629. Einfluss der Vorstellungen auf vegetative Processe.

Die zahlreichen Beeinflussungen der Muskeln durch Seelenzustände haben, wenn sie innerhalb gewisser Grenzen geschehen, nichts Störendes; im Gegentheil, sie fördern vielfach die Functionen überhaupt und die Muskeln insbesondere. Anders verhält es sich mit den Processen des Stoffwechsels; diese sind den Einflussen der Psyche nicht in demselben Grade ausgesetzt.

Intense Vorstellungen, Affecte und Leidenschaften greifen in den Gang des vegetativen Lebens unter Umständen mehr oder weniger ein und zwar (s. 622, III.) besonders in Functionen, die gerade im Maximum ihrer Thätigkeit oder in pathologischen Störungen begriffen sind. Namentlich stehen die Absonderungen

unter dem Einfluss der Leidenschaften; plötzliche locale oder verbreitete Schweisssecretion stellt sich häufig ein; in einzelnen Fällen Diarrhöe, quantitative und qualitative Veränderungen des Harnes und der Milchabsonderung (nach Schreck kann der Urin blass und wasserreich, nach heftigem Aerger die Milchsecretion wesentlich alterirt werden u. s. w.). Alle diese Vorgänge bieten aber nichts Constantes und analoge Seelenbewegungen können, je nach Umständen, sehr verschiedene organische Effecte auslösen.

Andere Vorstellungen dagegen haben mehr oder weniger eigenthümliche somatische Wirkungen in ihrem Gefolge und zwar, 1) indem sie Erregungen von Organen veranlassen, zu welchen sie directe Beziehungen haben, (die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen die Speichelsecretion bedeutend: erotische Gedanken begünstigen die Absonderungen des Samens und der Vaginaldrüsen), oder 2) indem sie sonst irgendwelche, mehr oder weniger constante, wenn auch nicht erklärbare, Reflexe auf specielle Organe bewirken. Das merkwürdigste Beispiel dieser Art bietet die Thränendrüse; in vielen Individuen ist das Weinen ein regelmässiger Begleiter vorzugsweis von deprimirenden Gemüthsbewegungen.

Nur sehr wenige der oben erwähnten Fälle dürften zu den sogen. trophischen Nervenwirkungen (117) gehören, da die meisten Seelenzustände nur indirect und durch viele bekannte und unbekannte Zwischenglieder auf das vegetative Leben wirken. Anhaltendes Denken z. B. soll den Stoffwechsel herabsetzen; übermässige geistige Anstrengungen beeinträchtigen entschieden die Ernährung; alles aber Wirkungen, die in der gleichzeitigen, die vegetativen Processe hemmenden, Lebensweise ihre hinlängliche Erklärung zu finden scheinen.

Der Einfluss der Gemüthsbewegungen auf Entstehung, dann und wann selbst auf Heilung gewisser somatischen Krankheiten; die Macht der Einbildung auf den kranken Organismus, kann sammt den anderweitigen, in das pathologische Gebiet übergreifenden verwandten Erfahrungen, hier nicht näher erörtert werden. —

Die Aufgaben der Physiologie gehen über die Ermittelung der Wechselwirkungen zwischen Seele und Körper nicht hinaus; man wird aber aus den, in diesem Abschnitt behandelten psychophysiologischen Phaenomenen, vorzugsweis aus den Abhängigkeitsverhältnissen des Körpers von der Seele (die zur Zeit besser bekannt und durch zahlreichere und speciellere Beispiele belegt sind, als umgekehrt die Beeinflussungen der Seele von Seiten des Körpers), leicht entnehmen, dass es sich hier nicht etwa um gleichgültige Begleiter psychischer Vorgänge, sondern um Erscheinungen handelt, die tiefere Beziehungen zu dem Seelenleben bieten. Von der Erkenntniss der hier zu Grunde liegenden, der heutigen Physiologie noch völlig verborgenen Gesetzmässigkeiten, wird vielleicht sogar die Möglichkeit der ersten sicheren Schritte zur wissenschaftlichen Untersuchung der Natur des Seelischen abhängen.

Druckfehler und Verbesserungen.

Nachtrag zur ersten Lieferung.

§ 35, Zeile 9 von oben, statt »Beruhigung« lies »Berührung«.
§ 39, Zeile 7 von unten, statt »ab« lies »schnell ab«.
§ 39, Zeile 6 von unten, statt »Geschwindigkeit« lies »Geschwindigkeitsänderung«.
§ 39, Zeile 6 von unten, nach »konstant« schalte ein »so zwar, dass die Geschwindigkeit wieder wächst bei einigen Salzen, Salpeter z. B., während sie bei andern (Kochsalz) immer mehr abnimmt«.
§ 200, Zeile 2 von oben, statt »Eiweiss« lies »Faserstoff«.
§ 234, Zeile 3 von unten, statt »Alle« lies »Diese«.
§ 251, Zeile 2 von unten, statt »fertige« lies »farbige«.
§ 255, Zeile 37 von oben, statt »Mengen« lies »Mengen Harnstoff«.
§ 283, Tabelle, Rubrik Kohlenstoff, statt 183,18 lies 146,82.
§ 299, Zeile 2 von unten statt »gleichzeitigen« lies »gleichseitigen«.

Zweite Lieferung.

§ 331, Zeile 4 von oben, statt » + 10°« lies »0° ja selbst + 6°«.
§ 337, Zeile 4 von unten, statt »Verdauung« lies »Verdichtung«.
§ 339, Zeile 8 von oben, statt III lies I.
§ 347, Zeile 10 statt 512 lies 256.
§ 375, Zeile 9 von oben, statt ss lies rs.
§ 415, Zeile 10 von unten, statt »der« lies »des«.
§ 463, Zeile 3 von unten, statt »nämlich« lies »namentlich«.
§ 476, pag. 13 von oben, füge bei: »Die Orgelröhren bieten, da man von ihnen nur einen Ton (den Grundton) benützt, die einfachsten Verhältnisse; die Töne werden bekanntlich um so höher, je kürzer die Röhren sind und zwar verhalten sich die Röhrenlängen verkehrt proportional der Schwingungszahlen«.
§ 476, pag. 15 von oben, nach „geben" schalte ein »wenn man einen tönenden Körper vor ihr Ende bringt, durch Mitschwingung«.
§ 493, Zeile 4 von unten, statt »des Kehlkopfknorpels« lies »der Kehlkopfknorpel«.
§ 518, Zeile 3 von oben, statt »100 000« lies »300 000«.
§ 529, Tabelle, statt »der Pfanne« lies »beider Pfannen«.
§ 539 Figurenerklärung: *c* Chorda dorsalis.

Inhalt der zweiten Lieferung.

Durch das Eingehen der Meininger'schen Buchhandlung und die Uebernahme in den unterzeichneten Verlag ist die Fortsetzung von Prof. Vierordt's **Grundriss der Physiologie** ein wenig verzögert worden. Mit vorliegender zweiter Lieferung ist die Lehre von den einzelnen Functionen des Organismus, mit Inbegriff der Entwickelungsgeschichte des Menschen **vollständig beendet**. Die kleine, etwa 6 Bogen starke Schlusslieferung, welche die specielle Physiologie der Körperzustände, der Lebensalter, Geschlechter, Körperconstitutionen u. s. w. im Zusammenhang erörtert, wird längstens zu Anfang 1861 nachfolgen.

Tübingen, 6. October 1860.

H. Laupp'sche Buchhandlung.
— Laupp & Siebeck —

Druck von H. [illegible]

Vierordt

3e Lfg

[illegible]

GRUNDRISS

DER

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

VON

DR. KARL VIERORDT,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN

ZWEITE LIEFERUNG.

TÜBINGEN, 1860.
VERLAG DER H. LAUPP'SCHEN BUCHHANDLUNG.
- LAUPP & SIEBECK. -

Grundriss

der

Physiologie des Menschen

von

Dr. Karl Vierordt,
Professor der Physiologie an der Universität Tübingen.

Mit 192 Figuren in Holzschnitt.

Tübingen, 1861.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.
— Laupp & Siebeck.

Bogen 16 bis Ende Druck von H. Laupp in Tübingen.

Inhalt.

Physiologie des Gesammtorganismus.

Physiologie des Gesammtorganismus.

630. Eintheilung.

Unsere bisherige Darstellung beschränkte sich auf die Einzelfunktionen an und für sich, wobei der erwachsene Mensch zu Grunde gelegt wurde. Wir betrachten nunmehr die Abweichungen, welche die Funktionen unter bestimmten Bedingungen, von jenen bisher angenommenen mittleren Verhältnissen zeigen, mit einem Wort die wichtigsten physiologischen Zustände des Gesammtorganismus. Der Gegenstand zerfällt in 4 Abschnitte:

1. Individuelle Körperzustände. Diese haften dem Einzelnen beständig oder doch durch lange Perioden an. Hieher gehört namentlich die Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperkonstitutionen und Temperamente, sowie die Einflüsse des Wuchses und der organischen Massenentwickelung.

2. Körperzustände bedingt durch die Einzelfunktionen. Diese letzteren greifen je nach ihren Thätigkeitsgraden, je nach dem Gebrauch oder Nichtgebrauch, den wir von ihnen machen, in den Gang einiger oder selbst aller übrigen Funktionen ein und veranlassen dadurch mehr oder weniger specifische Zustände des Gesammtorganismus. Hieher gehört z. B. die Physiologie des verdauenden, sich bewegenden, ruhenden, schlafenden, in bestimmten Phasen der generativen Thätigkeiten begriffenen Menschen u. s. w.

3. Körperzustände bedingt durch die Aussenwelt. Dieser Abschnitt ermittelt die Veränderungen, welche der Gesammtorganismus erleidet durch die wichtigsten, als Lebensbedingungen wirkenden, äusseren normalen Einflüsse, wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeitsgrad u. s. w. der Atmosphäre.

4. Periodische Zustände der Gesammtconstitution.

631. Beschränkung der Aufgaben.

Die grosse Vielseitigkeit jedes Organismus, sowie der Species als Inbegriff der Einzelorganismen, führt zu einer Menge verschiedener Körperzuständen einzelner Richtungen des Lebens. Wir beschränken uns jedoch auf diejenigen Thatsachen, welche die Physiologie der Einzelfunktionen wesentlich [illegible] ständigen, namentlich aber auf solche Verhältnisse, welche als die messbaren und in den Gesammtorganismus tiefer eingreifenden, eine deutliche [illegible] und somit auch relativ scharfe Charakterisirung gestatten. Viele E[illegible] dagegen sind zu beschränkt in ihrer Wirksamkeit, oder doch vorerst noch zu wenig erkannt, um schon jetzt in den Kreis der Betrachtung aufgenommen zu werden.

Hieher gehört, um nur eines anzuführen, der Einfluss des Teint's und der Hautfarbe. Niemand wird läugnen, dass die Extreme, die Blonden einerseits, die Dunkeln andererseits, physiologische Differenzen bieten. Die Schwarzhaarigen sind durchschnittlich magerer als die Blonden. Ihr Stoffwechsel ist [illegible] altern etwas früher; der Haarwuchs ist üppiger, die Fettsecretion der Haut [illegible] der Menstrualfluss reichlicher und von intensiverem Geruch. Dem Arzt [illegible] entgehen, dass Leute mit dunkelem Teint gegen Schmerzen häufig etwas [illegible] sind, ja selbst Beziehungen zu den Temperamenten sind nicht zu verkennen.

Gruppen dieser Art lassen sich noch viele aufstellen; die Ausnahmen von den Durchschnittsnormen sind aber zu zahlreich, mit andern Worten, die in Rede stehenden Einflüsse sind nicht eingreifend genug, um einer schärfern Charakteristik fähig zu sein.

Die künftige Wissenschaft wird hier mit viel umfassenderem und zuverlässigerem Detail ausgerüstet sein als die Gegenwart, da das Interesse an den speciellen physiologischen Verhältnissen des Menschen in neuester Zeit bedeutend zugenommen hat. Diese grossen, oft nur durch umfassende statistische Fragestellungen lösbaren Aufgaben schliessen einen guten Theil dessen ein, wodurch die Physiologie dem Mediciner erst speciell verwendbar wird und ohne deren Ermittelung die physiologisch-klinischen Forschungen häufig ihr Fundament verlieren und sich nicht über die Bedeutung blos casuistischer Studien zu erheben vermögen.

XXIX. Individuelle Zustände.

A. Lebensalter.

632. Eintheilung.

Die Einzelfunktionen bieten, wie der Gesammtorganismus überhaupt, im Ablauf des extrauterinalen Lebens drei naturgemässe Hauptabtheilungen: 1) Zunahme. Jugend: die Periode des körperlichen und geistigen Wachsthums, mit relativ stärkster Entwickelung der vegetativen Verrichtungen; 2) Still-

stand, Reife: die Periode der absolut grössten körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, der Zeugungskraft und der verhältnissmässig gleichmässigsten und harmonischsten Entwickelung der Funktionen; endlich 3) Abnahme, Alter, eingeleitet von einem allmäligen Sinken des Stoffwechsels und der körperlichen Kräfte, welchem später auch eine Minderung der geistigen nachfolgt. Diese grossen Abtheilungen zerfallen wiederum in eine Reihe specieller Entwickelungsphasen, welche bedingt sind durch das Hervor- oder Zurücktreten, überhaupt durch auffallende Veränderungen bestimmter Functionen. Obschon diese Phasen sich keineswegs durch scharfe Grenzen von einander trennen lassen, indem die Uebergänge nur allmälig erfolgen und auch die Individualitäten vielfach modificirend eingreifen, so sind doch diese Unterscheidungen im Ganzen und Grossen wissenschaftlich strenge gerechtfertigt, wie denn überhaupt die Physiologie der Lebensalter zu den bestgekanntesten und wichtigsten Abschnitten der speciellen Physiologie gehört.

Die einzelnen Entwickelungsphasen sind folgende: 1) Säuglingsalter; dasselbe umfasst von der Geburt bis zum ersten Zahnausbruch etwa die 7—9 ersten Monate des Lebens. Unmittelbar nach der Geburt erleidet der Körper eingreifendere und schnellere Veränderungen als in irgend einer andern Periode des Lebens; er hört auf, von einem gleichwarmen Medium umgeben zu sein und die Athmungs- und Verdauungsorgane beginnen ihre specifischen Thätigkeiten. 2) Späteres Kindesalter, vom Zahnausbruch bis zum Zahnwechsel; vom Ende des ersten bis zum 7. Lebensjahr. 3) Knabenalter, vom Zahnwechsel bis zur Pubertätsentwickelung, vom 7. bis zum 14.—16. Jahr. 4) Jünglingsalter, von der Pubertätsentwickelung bis zum vollendeten Längswachsthum des Körpers. Diese Periode, den Uebergang vom Wachsthums- zum Reifestadium darstellend, reicht ungefähr vom 14. bis zum 21.—23. Lebensjahr. 5) Früheres Mannesalter. Vom Anfang des 3. Jahrzehends bis zur Mitte des 5. Jahrzehends. Dieser grösste Zeitraum des Lebens umfasst namentlich in seiner ersten Hälfte die Culmination der meisten physiologischen Funktionen. 6) Späteres Mannesalter, von der Mitte des 5. Jahrzehends bis etwa zum 62.—65. Jahr. Die Rückbildung beginnt, anfangs allerdings nur langsam. Die Zeugungskraft, namentlich der Frau, hört auf. 7) Greisenalter, etwa vom 65—80. Jahr, und endlich 8) das hohe Greisenalter, als natürlicher Abschluss des Lebens.

Unter Rejuvenescenz versteht man das, allerdings nur sehr seltene, Wiederauftreten einzelner oder mehrerer jugendlicher Charaktere im höheren Alter. Die Menstruation stellt sich, und zwar in regelrechter Periodicität wieder ein; die Brustdrüsen können sogar ein milchähnliches Secret bereiten; neue, wenn auch unvollkommene Zähne brechen durch und zwar selbst nach vorhergegangenem vollständigem Zahnwechsel; selbst die gebleichten Haare können wieder dunklere Färbungen zeigen u. s. w.

633. Mortalitätsgesetze.

In Centraleuropa kommt jährlich 1 Todesfall auf etwa 36 Menschen. An dieser durchschnittlichen Mortalität betheiligen sich aber die einzelnen Alters-

klassen in sehr verschiedenem Grade, was von der Anzahl und Lebensfähigkeit der vorhandenen Individuen einer Altersklasse abhängt. Die Mortalitätsziffern der verschiedenen Lebensalter haben deshalb ausser ihrer socialen und pathologischen, keine geringe physiologische Bedeutung; je kleiner die Sterblichkeit, desto nachhaltiger und energischer gehen die Funktionen von Statten, desto leichter werden Störungen derselben wieder ausgeglichen und desto grösser ist die Widerstandskraft eines Lebensalters gegen äussere Einflüsse. Am Bedeutendsten ist die Sterblichkeit im ersten Jahr, namentlich in den ersten Lebensmonaten; auf 4 Individuen kommt fast ein jährlicher Todesfall; vom 3.—5. Jahre nimmt die Mortalität rasch ab; sie erreicht ihr Minimum in der ersten Hälfte des dritten Jahrzehends (etwa 1 jährlicher Sterbefall auf 80—90 Individuen); von hier an nimmt sie, anfangs nur langsam, zu; im 7. Decennium stirbt 1 von etwa 15 Menschen desselben Lebensjahres.

Folgende Tabelle erläutert die Normen bes Absterbens einiger mitteleuropäischer Bevölkerungen.

Von 10,000 Neugebornen leben noch

nach Ablauf von Jahren	Preussen	Baden	Belgien
1	7506	7180	7753
2	—	6550	7054
3	6316	6286	6653
5	5825	5872	6244
10	5301	5614	5825
15	—	5400	5602
20	4852	5198	5345
25	4572	4969	4999
30	4303	4730	4675
35	4030	4476	4382
40	3748	4210	4088
45	3417	3895	3790
50	3078	3539	3478
55	2688	3099	3117
60	2264	2660	2724
65	1735	2081	2246
70	1242	1435	1701
75	768	822	1127
80	399	348	586
85	160	110	246
90	51	22	68
95		3	15
100			1

In Mitteleuropa kommen auf 100 Individuen der Gesammtbevölkerung ungefähr

20	von	0 —	7	Jahren
15	„	7 —	14	„
47	„	14 —	45	„
12	„	45 —	60	„
6	über		60	„

634. Entwickelung des Wuchses.

Der Körper wächst nach allen Dimensionen; wir beschränken uns auf das am besten bekannte Längswachsthum. Quetelet kommt (für die männliche Population Brüssel's) zu folgenden Normen.

Am raschesten ist das Wachsthum unmittelbar nach der Geburt; es beträgt im ersten Lebensjahr ungefähr 20 Centimeter und sinkt im zweiten Jahr schon auf die Hälfte, im dritten ungefähr auf ein Drittel dieses Werthes. Zwischen dem 5. und 16. Jahr erfolgt das jährliche Wachsthum ziemlich regelmässig, durchschnittlich um etwa $5^1/_2$ C. M.; von da an aber nimmt die jährliche Wachsthumszahl bedeutend ab, um zu Anfang der Zwanziger sehr gering zu werden. Quetelet vermuthet, dass das Längswachsthum selbst im 25. Jahr noch nicht vollständig abgeschlossen sei. Vom 50. Jahre an werden beide Geschlechter kleiner; diese Verminderung kann bis zum 80. Jahr 6—7 C. M. betragen.

Zeising's Messungen führten zum Theil auf abweichende Verhältnisse; nach ihm ist im Allgemeinen eine permanente Abnahme des jährlichen Längszuwachses bemerklich bis zum 9. Jahr, von da an aber wieder eine Steigerung bis zum 16. Jahr (jedoch mit nicht unerheblichen Schwankungen), während vom 17. Jahr an wieder eine Abnahme eintritt.

Alter	Körperlänge in Centimetern	
	nach Quetelet	nach Zeising.
Neugeborne	50,0	48,5
1 Jahr	69,8	75,7
2	79,1	86,3
3	86,4	95,0
4	92,8	102,5
5	98,8	108,4
6	104,7	115,0
7	110,5	121,4
8	116,2	125,4
9	121,9	126,0
10	127,5	130,5
11	133,0	132,3
12	138,5	136,0
13	143,9	143,7
14	149,3	148,6

Alter	Körperlänge in Centimetern	
	nach Quetelet	nach Zeising
15	154,6	154,0
16	159,4	161,5
17	163,4	164,0
18	165,8	167,2
19	—	169,0
20	167,4	171,5
21	—	173,1
25	168,0	—

Die Wachsthümer in den einzelnen Körperabtheilungen zeigen erhebliche Abweichungen, wie aus der Vergleichung der Maasse des Neugebornen mit denen des Erwachsenen hervorgeht. Der erstere verhält sich zum letzteren

in der Totalhöhe wie 1 : 3,6
Kopflänge „ 1 : 2,
Brusthöhe „ 1 : 3,2
Armlänge „ 1 : 3,7
Beinlänge „ 1 : 4,7

635. Entwickelung des Körpergewichtes.

Die Gewichtszunahme des wachsenden Körpers ist verhältnissmässig viel bedeutender als die Längenzunahme; der Erwachsene wiegt ungefähr 20mal so viel als der Neugeborene, während er nur etwa 3½mal so lang ist. Am Ende des ersten Jahres ist der Körper um 6 Kilogramme schwerer geworden und hat dadurch sein Gewicht verdreifacht; in keinem Lebensjahr ist die absolute und relative Wachsthumszahl grösser als in diesem. Das Maximum des Gewichtes wird beim Manne um das 40. Jahr erreicht; gegen das 60. Jahr beginnt eine merkliche Abnahme, welche bis zum 80. ungefähr 6 Kilogramme beträgt. Die einzelnen Lebensjahre bieten nach Quetelet folgende Körpergewichte in Kilogrammen:

Alter	Mann	Weib	Alter	Mann	Weib
0 Jahr	3,20	2,91	14	38,76	36,70
1	9,45	8,79	15	43,62	40,37
2	11,34	10,67	16	49,67	43,57
3	12,47	11,79	17	52,85	47,31
4	14,23	13,00	18	57,85	51,03
5	15,77	14,36	20	60,06	52,28
6	17,24	16,00	25	62,93	53,28
7	19,10	17,54	30	63,65	54,33
8	20,76	19,08	40	63,67	55,23
9	22,65	21,36	50	63,46	56,16
10	24,52	23,52	60	61,94	54,30
11	27,10	25,65	70	59,52	51,51
12	29,82	29,82	80	57,83	49,37
13	34,38	32,94	90	57,83	49,34

Viele Neugeborene zeigen nach einigen Tagen eine merkliche Minderung ihrer Völle und Lebensfrische; in der That ist das Körpergewicht bei ungefähr $^2/_3$ der Kinder in der Mitte der zweiten Woche geringer (nach Breslau durchschnittlich um $^1/_{15}$) als unmittelbar nach der Geburt.

Die Verhältnisse der Gewichte der Einzelorgane zum Gesammtkörpergewicht bieten grosse Verschiedenheiten im Verlauf des Lebens. Beim Neugebornen prävaliren die Eingeweide, namentlich desshalb sehr bedeutend, weil die Extremitäten verhältnissmässig viel weniger entwickelt sind als in der spätern Lebenszeit. Es fehlt übrigens noch sehr an umfassenden statistischen Untersuchungen über diese Fragen.

636. Muskelthätigkeiten.

Sind die Jungen der sog. Warmblüter überhaupt hülflos und auf ihre Eltern angewiesen, so ist dies am auffallendsten beim Menschen und zwar besonders bezüglich der psychischen Funktionen und — die instinktive Bewegung des Saugens ausgenommen — der Verrichtungen der Sceletmuskeln. Nur allmälig kommt das Kind, dessen Extremitäten auch relativ kurz und wenig entwickelt sind, zur Beherrschung dieser Muskeln. Reflexbewegungen sind in diesem Alter besonders häufig. Schon im 4.—5. Monat ergreift das Kind absichtlich Gegenstände; im 7. beginnt es, da das relative Volum des Kopfes mehr zurücktritt und die Muskeln an Ausbildung gewinnen, sicherer zu sitzen; zu Ende des ersten Jahres macht es, an feste Körper sich anhaltend, Stehversuche; in der ersten Hälfte des zweiten Jahres lernt es gehen.

Zur genauen Vergleichung der Muskelkräfte können nur Angaben über den täglichen Nutzeffekt, in dem 286 definirten Sinne, dienen; solche existiren aber blos für den erwachsenen Arbeiter und fehlen durchaus für die früheren und späteren Lebensperioden. Wir müssen uns desshalb beschränken auf die Angaben Regnier's, Quetelet's u. A. über die Fähigkeit verschiedener Altersklassen, Gewichte zu heben, oder mittelst der Hände oder Lenden momentane maximale Druck- und Zugwirkungen auszuüben, zu deren Messung die ziemlich unzuverlässigen sog. Dynamometer der Mechaniker verwandt werden. Die Muskelkraft scheint zwischen 8—16 Jahren ziemlich regelmässig, von 17 an aber viel schneller zu wachsen. Zwischen dem 25. Jahr bis in das fünfte Decennium hinein hat sie ihr Maximum erlangt. Ein mittlerer Mann kann, indem er mit beiden Händen stark drückt, eine Kraft von 50 Kilogrammen ausüben, sowie ein Gewicht von 130 Kilogrammen durchschnittlich heben. Der dynamometrische Effekt des Erwachsenen, dessen Muskelfasern ausserdem durchschnittlich breiter sind, ist etwa 8mal grösser als der eines Sechsjährigen; die Differenzen der beiderseitigen täglichen Nutzeffekte sind aber ohne Zweifel noch erheblich grösser.

637. Blut.

Sichere Thatsachen über etwaige wesentliche Differenzen der relativen Blutmenge in den verschiedenen Lebensaltern fehlen; die bekannte Erfahrung, dass kleine Kinder Blutverluste schwer ertragen, beweist jedenfalls nichts für eine geringere proportionale Blutmenge derselben.

Das Blut, welches von äussern Einflüssen überhaupt verhältnissmässig unabhängiger ist, scheint geringere Unterschiede in den einzelnen Lebensaltern zu bieten, als die meisten übrigen Flüssigkeiten des Körpers. Im Kinde hat dasselbe, dem Erwachsenen gegenüber, folgende Charaktere: geringeres specifisches Gewicht, hellere Röthung, schnellere Gerinnungsfähigkeit; in gleichen absoluten Volumina weniger mikroskopische Blutkörperchen (Stöltzing); im Verhältniss zu den farbigen mehr farblose Körperchen (Moleschott); überhaupt weniger feste Bestandtheile, namentlich auch Fibrin und Salze, dagegen angeblich mehr Fette und sog. Extractivstoffe. Im höhern Alter wird das Blut wiederum ärmer an Fixa, vorzugsweise an Körperchen und Eiweiss, aber reicher an Cholesterin (Becquerel und Rodier); auch soll die relative Menge der farblosen Körperchen noch mehr zurücktreten als im Erwachsenen.

638. Blutlauf.

Während des ganzen extrauterinalen Lebens erfährt der Kreislaufsapparat keine wesentlichen Aenderungen; der Uebergang aus der zweiten fötalen in die definitive Kreislaufsform geschieht übrigens nach der Geburt nicht plötzlich (s. 568). Das Herz des Neugebornen beträgt etwa $^1/_{120}$, das des Erwachsenen blos $^1/_{200}$ und noch weniger des Körpergewichtes; im Greise wird es kleiner und leichter.

Die Pulsfrequenz sinkt von der Geburt an bis gegen die Mitte der Zwanziger Jahre, um von da an lange Zeit nahezu stationär zu bleiben (72 Schläge in der Minute); gegen das 60. Jahr steigt sie allmählig auf 75 und beträgt im höheren Greisenalter etwa 79. Nach Guy, Volkmann u. A. ist die mittlere Pulsfrequenz im 1. Jahr (Anfang) 134 (für den ruhigen Zustand wohl eine etwas zu hohe Zahl) — im 2. : 111 — 3 : 108 — 5 : 103 — 10 : 91 — 15 : 82 — 20 : 74 — 25 : 72, Differenzen, welche durchaus nicht ausschliesslich von den Körperlängen (s. 663) sondern zum Theil von Alterseinflüssen selbst abhängen. Im Erwachsenen hat der Puls eine grössere Celerität (s. 159) als in der Jugend. Die absolute Pulsgrösse ist in mittleren Lebensjahren grösser als in Greisen und selbstverständlich viel bedeutender als im Kinde. In der Jugend variirt die Grösse der auf einander folgenden Pulsschläge mehr als im Erwachsenen, in welchem überhaupt der Kreislauf am Gleichmässigsten von Statten geht. Aussetzende Pulse kommen nicht selten während der Pubertätsentwickelung und im Greisen vor.

Die arteriellen Blutdrücke sind in Kindern bedeutend geringer als im Erwachsenen. Die Venen beherbergen unter allen Umständen mehr Blut als die Arterien; diese Präponderanz nimmt mit zunehmendem Alter immer mehr zu.

Die Dauer eines Blutumlaufes ist in jüngeren Thieren erheblich kürzer als in älteren.

Hering erhielt folgende Kreislaufszeiten in der Jugularisbahn von Pferden:

Alter in Jahren.	Kreislaufszeit in Secunden.
8,8	22,5
17,7	25,0
21,1	29,2

Die Körpergewichtseinheit des Kindes erhält unzweifelhaft viel mehr Blut, als zu derselben Zeit das gleiche Gewicht des Erwachsenen empfängt.

Aus den 174, 176 u. 177 entwickelten Erfahrungsgesetzen darf wohl auch für unsern Fall — unter der Voraussetzung, dass die Pulsfrequenz des Säuglings das Doppelte von der des Erwachsenen beträgt — geschlossen werden: 1) die Kreislaufszeiten des Säuglings und des Erwachsenen verhalten sich ungefähr wie 1 : 2. Dagegen 2) die durch gleiche Gewichtstheile beider strömenden Blutmassen wie 2 : 1. Endlich ist wahrscheinlich 3) der arterielle Blutdruck des Säuglings ungefähr die Hälfte von dem des Erwachsenen.

639. Verdauung.

Einige Stunden nach der Geburt stellen sich die Zeichen des Hungers ein, das Kind wird unruhig, macht Saugbewegungen und ergreift dann mit Begierde die Brust. In den ersten Tagen werden namentlich minder kräftige Kinder durch die Saugbewegungen leicht ermüdet, bald aber erlangen die betreffenden Muskeln eine bemerkenswerthe Energie.

Die Zunge ist relativ sehr gross und das Fehlen der Zähne erleichtert sehr das Umfassen der Brustwarze. Gegen Ende des ersten Jahres, mit allmäligem Festerwerden der Zufuhren, kommen die Kaumuskeln mehr in Thätigkeit. Die Peristaltik des Darmes erfolgt im Kindesalter besonders energisch; die Fäces werden einigemal im Tage (im Greisenalter aber unregelmässiger und sehr viel seltener) entleert. Die Fäces der ersten Lebenstage enthalten starke Beimischungen von Meconium (575), diejenigen des Säuglings sind halbflüssig, hellgelb, sie riechen nicht stark und führen häufig ziemlich viel Fett und geronnenen Käsestoff; auch kommen der Farbstoff und die Säuren der Galle zum Theil unverändert im Koth wieder zum Vorschein.

Der Nahrungsschlauch, wie alle übrigen Körperstellen überhaupt, resorbirt im Säugling ungleich rascher als im Erwachsenen, offenbar wegen des relativ intenseren Blutumtriebes und der ohne Zweifel relativ massigeren Secretion der (meisten) Verdauungssäfte. Das Vorkommen nicht unbedeutender Mengen unverdauter Nahrungsstoffe in den Fäces des Säuglings erklärt sich aus der Kürze des Aufenthaltes des Einverleibten im Darmkanal und aus den oft übergrossen, über Bedarf einverleibten Massen. Viele Speisen können übrigens von Kindern nicht gehörig verdaut werden; auch im späteren Mannesalter nimmt die Verdauungsfähigkeit wieder ab, um im Greisenalter qualitativ und quantitativ am meisten zu sinken. Das Kind nimmt viel häufiger und relativ copiösere Zufuhren auf als der Erwachsene oder gar der Greis; die Verdauungskraft ist somit in den ersten Lebensjahren (im Verhältniss zum Körpergewicht) quantitativ am meisten gesteigert, während in den mittleren Jahren die qualitative Verdauungsfähigkeit kulminirt, indem die mannigfaltigsten und verschiedensten Substanzen bewältigt werden können.

Die Mundspeicheldrüsen sind anfangs relativ unentwickelt; in den ersten

Wochen des Lebens (nach Bidder und Schmidt während der ganzen Säuglingsperiode) scheint keine eigentliche Speichelsecretion stattzufinden. Der Blindsack des Magens ist im Säugling und Kinde wenig entwickelt, eine der Ursachen der Leichtigkeit des Brechens in dieser Lebenszeit, während dieser Akt beim Erwachsenen schwieriger und unter viel heftigeren Eckelgelgefühlen von Statten geht.

Der Zahnausbruch kann bloss nach seinem zeitlichen Momente kurz erörtert werden; bezüglich der übrigen Fragen wird auf die anatomischen Lehrbücher verwiesen. Der Ausbruch der Zähne, mit welchem die Säuglingsperiode naturgemäss abgeschlossen ist, beginnt im 7. — 9. Monat nach der Geburt. Er ist begleitet von grösserem Blutreichthum der Mundorgane und stärkerer Speichelsecretion. Weniger das sogen. „Zahnen" an sich, als die sonstigen Veränderungen, namentlich das stärkere Knochenwachsthum überhaupt, die veränderte Nahrung u. s. w. sind für den Gesammtorganismus in dieser Lebensperiode bedeutungsvoll. Der Ausbruch geschieht gewöhnlich in nachstehender Reihenfolge: Zuerst die inneren Schneidezähne des Unterkiefers, dann die inneren Schneidezähne des Oberkiefers, hierauf die äusseren Schneidezähne des U. K. und später des O. K.; erste vordere Backzähne im U. K. und sodann im O. K.; Eckzähne (Mitte des 2. Jahres); zweite Backzähne. Am Ende des 2. Jahres ist das Kind gewöhnlich im Besitz seiner 20 sog. Milch- oder Wechselzähne.

Ueber einen gewissen Umfang können die Milchzähne sich nicht vergrössern, sie stehen dann mit dem allmäligen Wachsthum der Kieferknochen nicht mehr im richtigen Verhältniss; ihre Ernährungsgefässe verkümmern und ihre Wurzeln werden nach und nach resorbirt, so dass die Zähne locker werden und ausfallen. Die bleibenden Zähne brechen in folgender Reihe hervor: erster grosser Backzahn (7 Jahr), innerer Schneidezahn (9), erster kleiner Backzahn (10), Eckzahn (10—12), zweiter kleiner Backzahn (11—13), zweiter grosser Backzahn (13 Jahr). Der dritte grosse Backzahn folgt etwa ums 18. Jahr, oft aber viel später nach.

Im Verlauf des Lebens nützen sich die Zähne durch Abschleifung beim Kauen allmälig ab und zwar die des Unterkiefers früher. Im höhern Alter fallen sie nach und nach aus; betagte Greise sind meist zahnlos, die leeren Zahnhöhlen werden nach und nach geschlossen und endlich schwinden selbst die Alveolarränder der Kieferknochen. Doch ermöglicht das härter werdende Zahnfleisch immer noch eine gewisse Zerkleinerung der Speisen.

640. Respiration.

Nach der Geburt hört der durch die Placenta vermittelte Gasaustausch zwischen dem mütterlichen und kindlichen Blut auf, so dass letzteres in höherem Grade venös wird. Diese venöse Blutbeschaffenheit übt einen mächtigen Reiz aus auf das Centrum der Respirationsbewegungen, wodurch die prima inspiratio veranlasst wird.

Die Nabelgefässe werden durch Blutpfröpfe geschlossen und obliteriren bald; an der Einsenkungsstelle der Nabelschnur in die Haut entsteht eine kleine Eiterung, der am Kind hängende Nabelschnurrest mumificirt und fällt durchschnittlich am 6. Tage ab.

Das Respirationsbedürfniss ist unmittelbar nach der Geburt nicht gross (Buffon, Legallois, W. Edwards). Das Blut hat in den ersten Lebenstagen immer noch eine mehr venöse Beschaffenheit; neugeborene Hunde können eine Zeit lang unter Wasser gehalten werden ohne zu ersticken; die Respiration kann selbst, wenn sie schon begonnen hat, in einzelnen Thieren wieder $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{4}$ Stunde unterdrückt und die Thiere gleichwohl wieder zum Leben gebracht werden. Der Scheintod der Neugebornen, also die Suspension alles respiratorichen Gaswechsels währt, wie die Geburtshelfer vielfach erfahren, unter Umständen lange.

Die absolute Intensität des respiratorischen Gaswechsels nimmt (wir meinen

besonders das männliche Geschlecht) zu bis in das 5. Decennium, d. h. so lange der Körper an Gewicht zulegt; in den spätern Lebensjahren sinkt sie wieder. Im Verhältniss zum Körpergewicht ist dagegen die Respiration des Kindes energischer als im Erwachsenen.

Die Sauerstoffabsorption im Verhältniss zur Kohlensäureexhalation ist relativ am grössten in jüngern Thieren (Despretz); diese nehmen auch in ihrer Nahrung relativ am meisten sog. Respirationsmittel auf (s. 645).

Ein 10jähriger Knabe bildete in den Versuchen Scharling's (s. 656) fast doppelt soviel Kohlensäure als gleiche Gewichtstheile Erwachsener. Die folgenden Angaben Andral's und Gavarret's über die Kohlensäureausscheidung in verschiedenen Lebensaltern beruhen noch auf der relativ grössten Anzahl von Einzelfällen. Die Versuchsmethode dieser Forscher bedingt übrigens etwas zu hohe Werthe.

Alter in Jahren.	Kohlensäure in Grammen in 24 Stunden
8	440
15	765
16	949
18—20	1002
29—40	1072
40—60	887
60—80	808

Die Zahl der Athemzüge in der Minute ist nach Quetelet's, für den ruhigen Zustand jedenfalls zu hohen, Angaben beim Neugebornen 44, im 5. Jahre 26, vom 15.—20. Jahr 20, vom 25.—30. dagegen 16 (Minimum). Im höheren Greisenalter sind die Athemzüge etwas frequenter aber weniger tief als in den Mitteljahren (Geist). Ueber die nothwendig sehr grossen Differenzen der geathmeten Luftvolumina ist nichts bekannt. Die sog. Vitalcapacität der Lungen (s. 232) steigt nach Hutchinson bis zum 35. Jahr, um von da an wieder zu sinken. Kinder von 5—7 Jahren liefern nach Schnepf 800—1000 C. C. M. Luft mittelst einer stärksten Ausathmung, also ungefähr 4mal weniger als der Erwachsene. Während der Pubertätsentwicklung nimmt die Lungencapacität besonders schnell zu.

Die Lunge ist im Ruhezustand des Körpers beim Manne von ihrer Maximalfüllung viel weiter entfernt als im Greisen, dessen Luftgehalt somit viel weniger variabel gemacht werden kann; zugleich nehmen in demselben Gewicht, Saftreichthum und Elasticität der Lungen bedeutend ab, der Pigmentgehalt aber zu, und viele Lungenzellen veröden vollkommen.

Ueber die Perspiration der Cutis in den verschiedenen Lebensaltern ist nichts bekannt. Nach der Geburt reinigt sich die Haut, unter lebhafter Abstossung der Epidermis und die perspiratorischen Funktionen beginnen alsbald. Die Cutis des Kindes ist blutreicher und, wie auch die Epidermis, zarter als im Erwachsenen. Das Greisenalter ist sehr wenig zum Schwitzen geneigt.

641. Leber und Lymphdrüsen.

Die Blutcirkulation durch die Leber wird nach der Geburt wesentlich geändert (567), das Organ wird blutärmer und weniger dunkel gefärbt als im Fötus; dagegen nimmt die Gallensecretion bedeutend zu. Die vorher röthliche Haut färbt sich nach 20—30 Stunden auf die Dauer einiger Tage etwas gelblich, ein

Zustand der gewöhnlich von in das Blut übergegangenen grösseren Mengen Gallenfarbstoffes (?) abgeleitet und als »Gelbsucht« der Neugeborenen bezeichnet wird. Nach Kölliker sind die Leberzellen saugender Thiere in den ersten Tagen nach der Geburt mit zahlreichen kleinen Fettkügelchen erfüllt. Im Neugeborenen nimmt die Leber $^1/_{20}$, im Erwachsenen nur $^1/_{36}$ des Körpergewichts ein.

Im höheren Alter soll der Cholesteringehalt der Galle zunehmen; sicher ist blos, dass Gallensteine aus Cholesterin in dieser Lebenszeit häufiger vorkommen.

Das Lymphsystem präponderirt im Kindesalter viel mehr als im Erwachsenen; Krankheiten der Lymphdrüsen sind in dem ersten Lebensjahre sehr häufig. Auch haben nach Frey die Lymphdrüsen in der Jugend ihre volle Ausbildung und erleiden später eine Verkümmerung und zwar ihrer wesentlichsten Theile, indem sich, namentlich in den centralen Parthieen (der sog. Marksubstanz) immer mehr Bindegewebe auf Kosten der Drüsensubstanz entwickelt, nicht selten mit Fettzellen- oder Pigmenterzeugung.

Die Thymus wächst nach Friedleben durchschnittlich bis zum Ende des 2. Jahres, bleibt dann stationär, um gegen die Pubertät hin allmälig kleiner zu werden. Im Mannesalter tritt sie sehr bedeutend zurück, die Gefässe veröden, das Gewebe verfällt einer fettigen Metamorphose und schwindet immer mehr. Die Schilddrüse hat ihr relativ höchstes Gewicht im Neugebornen, während die Milz im Erwachsenen nicht nur absolut, sondern auch relativ am schwersten ist. Sie wächst namentlich im ersten Lebensjahr stark, ihre Malpighi'schen Körperchen sind in jungen Individuen viel deutlicher; im Greisen ist das Organ oft erheblich kleiner, derber und blutärmer.

642. Harnbildung.

Lecanu, Scherer, Bischoff, Mosler u. A. haben den Harn verschiedener Lebensalter untersucht. Nach der Geburt kommen die Nieren in lebhafte Thätigkeit und das Secret führt bereits alle normalen Harnbestandtheile. In den ersten Tagen des Lebens enthalten die Nieren und der Urin oft cylindrische Säulchen, aus amorphem harnsaurem Ammoniak, Epitelzellen u. einzelnen Harnsäurekrystallen bestehend; diese sog. Harnsäureinfarcte können ihrer Häufigkeit wegen nicht als eine pathologische Erscheinung aufgefasst werden. Schon die Art der Nahrung bringt eine verhältnissmässig grosse Intensität der Harnbildung im Säugling mit sich; wie denn diese Funktion, und zwar mehr als manche andere des vegetativen Lebens, überhaupt im Kindesalter bedeutend vorwiegt. Das relative Gewicht der Nieren ist im Neugeborenen etwa doppelt so gross als im Erwachsenen. Die 24stündige Harnmenge bestimmte Picard an an einem 6tägigen Kinde auf 160 Gramme; für das 3.—5. Jahr wird sie zu ungefähr 800—900; für das spätere Knabenalter sogar zu etwa 1500 Grammen angegeben, also nicht viel weniger als im Erwachsenen. Dem entspricht auch der starke Durst der Kinder. Nach Scherer kommen auf gleiches Körpergewicht Kind viel mehr Harn, feste Harnbestandtheile überhaupt, Harnstoff und Salze, als im Erwachsenen; während im letzteren die proportionale Menge der übrigen organischen Harnbestandtheile (ausser Harnstoff) vorschlagen soll. Der Urin des Kindes enthält relativ wenig phosphorsauren Kalk (nach Andern überhaupt Phosphate), der zur Knochenbildung verwandt wird; dagegen soll die Hippursäure verhältnissmässig vermehrt sein.

Mosler macht folgende Angaben (in Grammwerthen) über die absolute und relative 24stündige Harnbildung seiner verschiedenaltrigen Versuchspersonen:

	Späteres Knabenalter.	Mann	Auf 1 Kilogr. Körpergewicht	
			Knabe	Mann
Urinmenge	1526	1875	78	40
Harnstoff	18,8	36,2	0,95	0,75
Kochsalz	8,6	15,6	0,44	0,32
Schwefelsäure	1,0	2,6	0,06	0,05
Phosphorsäure	3,0	4,9	0,16	0,08

Ueber den Greisenharn gibt es bloss fragmentäre Erfahrungen. Die festen Bestandtheile nehmen erheblich ab, die Harnmenge aber noch mehr, daher ist das specifische Gewicht meist etwas höher (Geist). Die Extractivstoffe sollen bedeutend zunehmen (v. Bibra). Die Contractilität der Blase ist gesunken; die nächtlichen Harnentleerungen präponderiren relativ viel mehr als in den übrigen Lebenszeiten.

643. Körperwärme.

Die normalen Temperaturdifferenzen der Altersklassen gehen kaum über 1° C. hinaus; so sind namentlich die Schwankungen, welche die Körperwärme gleich nach der Geburt erfährt, trotz der bedeutenden Veränderungen der bisherigen Lebensbedingungen, verhältnissmässig sehr geringfügig. Den Gang der Temperaturkurve schildert v. Bärensprung folgendermassen. Am höchsten ist die Körperwärme bei der Geburt (37°,8 im Mastdarm); sie sinkt dann in den ersten Stunden des Lebens um etwa 1° C., erhebt sich aber in den nächsten Tagen wieder auf 37°,5 und behält diesen Werth ungefähr bis zur Pubertätszeit bei. Von hier an beginnt ein geringes Sinken; das Minimum (36°,9) fällt in das 5. Decennium. Später erhebt sich die Temperatur auffallenderweise wieder fast bis zu dem Werth des Kindesalters.

Die Wärmebildung im Verlauf des Lebens geht parallel mit der Intensität des respiratorischen Gaswechsels der einzelnen Altersklassen. Die absolute Menge der gebildeten Wärmeeinheiten wächst somit (anfangs schneller später nur sehr langsam) bis in das 4. Decennium hinein, um von da an wieder erheblich zu sinken. Dagegen producirt das Kind eine grössere Menge von Wärmeeinheiten als das gleiche Körpergewicht des Erwachsenen, (nach Barral ein 6jähriger Knabe 1/3 (nur?) mehr als der Mann).

In jüngeren Organismen sind die Abkühlungsmomente relativ viel bedeutender als im Erwachsenen; dadurch ergiebt sich unmittelbar das Bedürfniss einer entsprechenden Wärmeneubildung. Eine Hauptrolle bei den Wärmeverlusten spielt die Hautoberfläche, welche nicht bloss blutreicher, sondern auch verhältnissmässig viel entwickelter ist als im Erwachsenen. (Nach Valentin kommt auf die Volumeinheit des neugebornen Körpers eine fast 3mal grössere Hautoberfläche als auf dasselbe Volum des Erwachsenen.) Junge Thiere erkalten schnell unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. junge aus dem Nest genom-

mene Vögel (M. Edwards). Eine Hauptursache der ungenügenden Wärmebildung liegt hier in der noch geringen Muskelthätigkeit. Der Greis, der leicht friert, erträgt die Kälte viel weniger gut als der Jüngling und Mann.

644. Quantität des Gesammtstoffwechsels.

Sämmtliche Funktionen des Stoffwechsels bieten im Verlauf des Lebens, im Ganzen und Grossen, einen annähernden Parallelismus in der Gestaltung der Curven ihrer absoluten und relativen Intensität; doch fehlt es noch sehr an statistischem Material, um den Gang sowie die gegenseitigen quantitativen Beziehungen der Einzelfunktionen in den verschiedenen Altersklassen genauer festzustellen. Die absolute Intensität der Funktionen des vegetativen Lebens nimmt (anfangs schneller, später langsam) zu bis in das 3. oder selbst 4. Decennium, verharrt dann eine zeitlang stationär, um schliesslich wieder langsam zu sinken. Im Verhältniss aber zum Körpergewicht sind die Funktionen am intensesten im 1. Lebensjahr, von wo an sie durchschnittlich anfangs etwas schneller, später langsamer sinken.

Desshalb bedürfen Kinder verhältnissmässig die stärksten Zufuhren, wie sie auch dem Hunger sehr viel früher unterliegen als Erwachsene; in Krankheiten können sie oft ausserordentlich schnell abmagern und sich ebenso rasch wieder erholen; Wunden heilen am schnellsten im Kinde, am langsamsten (Knochenbrüche z. B.) im Greisen. Letzterer erträgt den Nahrungsmangel, obschon Nahrungsbedürfniss und Esslust bedeutend abgenommen haben, viel schlechter als der Erwachsene in mittlern Jahren. Der normale Stoffwechsel des Greisen nähert sich nämlich allmälig der untern minimalen Grenze, bei welcher die Funktionen überhaupt noch bestehen können, ein Zustand, der keine eingreifenden Veränderungen der gewöhnlichen Lebensbedingungen auszuhalten vermag.

Im Zusammenhang mit der Stärke des relativen Stoffwechsels steht das Bedürfniss nach Schlaf. In den ersten Lebenswochen wacht das gesunde Kind fast nur, um Nahrung aufzunehmen; mit 6 Monaten bleibt es schon Stunden lang wach, aber selbst 1 Jahr lang schläft es immer noch mehr, als es wacht, und noch im 3. und 4. Jahr schläft es zeitweis während des Tages. Am tiefsten ist der Schlaf im Knabenalter. Der 5 bis 6 jährige schläft 9—10, der Erwachsene 6—7 Stunden, der Greis viel weniger.

Die Zufuhren in den Nahrungsschlauch betragen insgesammt beim Erwachsenen (s. 267) für 24 Stunden 3200 Gramme durchschnittlich, also etwa $^1/_{20}$ des Körpergewichts; in der Mitte des ersten Lebensjahres soll das Kind ungefähr 1300 Gramme Milch (es wird nicht alles resorbirt!) im Tage zu sich nehmen, etwa $^1/_6$ ja sogar $^1/_5$ (?) seines Körpergewichts. Nach Bartsch beläuft sich die Milchzufuhr des Säuglings im 1. Tag auf 127, im 5. schon auf 445 Gramme (etwa $^1/_7$ der Körperschwere).

In den Versuchen Mosler's kamen auf 1 Kilogramm Körpergewicht folgende 24stündige Gesammteinnahmen. Bei einem Knaben von 6 Jahren: 144 Gramme, von 11 Jahren: 115; einem 18jährigen Mann 79, einem 21jährigen dagegen 71 Gramme.

645. Qualität des Gesammtstoffwechsels.

Ueber eine Grundfrage, nämlich die gesetzlichen Veränderungen, welche die chemische Constitution des Gesammtorganismus im Ablauf des Lebens erleidet, sind nur spärliche Thatsachen bekannt. Die grössten Schwankungen scheinen die Fette und das Wasser zu bieten. Die Fettmassen, namentlich des Unterhautzellgewebes, sind schon im Neugebornen ansehnlich; sie nehmen im Säuglingsalter absolut und relativ bedeutend zu. Der Knabe wird magerer, zum Theil wegen seines starken Muskelgebrauches; noch mehr aber nimmt das Fett um die Pubertätszeit ab. In den mittleren Lebensjahren wo die schlankeren Formen des Körpers allmälig einem Wachsthum in die Dicke weichen, ist die Neigung zum Fettwerden wieder grösser; während im Greisenalter, neben stärkerer Abmagerung überhaupt, eine grosse Abnahme des Fettgehaltes der Haut und des übrigen Körpers eintritt. Nach v. Bezold nimmt die proportionale Menge der festen Körperbestandtheile überhaupt in der ersten Lebenszeit bedeutend, später aber bis zum vollendeten Wachsthum viel langsamer zu; wogegen die relative Menge unorganischer Körperbestandtheile während des Wachsthums ziemlich stetig sich steigert. Die Mineralbestandtheile der Knochen bieten übrigens, nach neueren Forschungen, keine wesentlichen Differenzen in den verschiedenen Lebensaltern.

Die Zufuhren variiren auch hinsichtlich der Qualität in hohem Grade im Verlauf des Lebens. So lange der Körper wächst, bedarf er grosser Mengen stickstoffhaltiger Nährstoffe, sowie auch, wegen seiner relativ grossen Wärmeverluste, bedeutende Massen sog. Respirationsmittel. Beachtenswerth ist die grosse Verschiedenheit in dem Verhältniss beider Arten von Alimenten. In der Milch, der naturgemässesten Nahrung des Säuglings, verhalten sich die Stickstoffhaltigen zu den Stickstofflosen nie 1 zu 2 bis $2^1/_2$; in der Nahrung des Knaben wie 1 zu $5^1/_2$ nach Playfair, in der des Erwachsenen endlich (s. 267) wie 1 zu $3^1/_2$.

646. Generationswerkzeuge.

Ein Curiosum ist die Milchsecretion des Neugeborenen. Die Brüste schwellen ein wenig an und werden blutreicher und die Milchdrüsen liefern, einige Tage oder selbst 2—4 Wochen hindurch, kleine Mengen eines Secretes mit den mikroskopischen und chemischen Charakteren der Milch. Gubler fand in demselben 2,8% Casein, 1,4% Fette und 6,4% Zucker und Extractivstoffe. Die meisten Kinder beiderlei Geschlechtes bieten diese Erscheinung, die keineswegs, wie der alte Name „Hexenmilch" erwarten lässt, anomal ist.

Die specifischen Funktionen der Genitalien entwickeln sich allmälig mit dem Eintritt der Pubertät. Die Generationsapparate werden in beiden Geschlechtern blutreicher und wachsen stärker; die Schaamhaare brechen hervor, die Secretion der Talgdrüsen dieser Körperstelle nimmt zu. Die Eichel und das Glied, die

Samenblasen, Prostata und Hoden vergrössern sich. Die Samenkanälchen des Hodens führen, während sie im Knaben bloss unentwickelte helle Zellen enthielten, ein Secret mit zunehmend reichlicheren Samenfäden. Im weiblichen Geschlecht gewinnt die Beckengegend relativ viel an Umfang, die Schleimhaut der Genitalien sondert stärker ab, der Uterus wächst bedeutend, die Eierstöcke werden grösser, saftreicher und produciren nach und nach reife, befruchtungsfähige Eichen, welche unter den Begleiterscheinungen der Menstruation (508) abgestossen werden. Die Brüste schwellen an und die Brustwarzen prominiren stärker.

Die generativen Thätigkeiten des Weibes erstrecken sich bis in die Mitte des 5. Jahrzehends; von da an wird der Menstrualfluss unregelmässiger, sparsamer, weniger roth gefärbt; die Schleimsecretion der Genitalien nimmt meist zu, die Brüste werden schlaff. Bei ältern Frauen enthalten die Eierstöcke nur wenige oder gar keine Graaf'sche Follikel. Im Manne werden die Hoden blutärmer, kleiner, das Scrotum schlaff, und die Samensecretion nimmt bedeutend ab. Letztere versiegt übrigens selbst im höheren Alter in der Regel nicht völlig, nur ist der sparsam gebildete Samen wässrig und arm an Samenfäden.

647. Stimme.

Die Höhe der von kleinen Kindern producirten Töne weicht wenig ab von der weiblichen Stimmlage. Um das 6. Jahr erhält das Kind, dessen Kehlkopfmuskeln sich nunmehr stärker entwickeln, bei einiger Uebung leicht einen Stimmfonds von etwa 1 Octave (Merkel). Charakteristisch für den kindlichen Kehlkopf ist, dass der Stimmfortsatz des Giesskannenknorpels noch nicht vorhanden ist; derselbe entwickelt sich erst vor der Pubertät.

Während der Pubertätsentwickelung wächst der Kehlkopf des Knaben (der nach Merkel schon etwas grössere Dimensionen besass als im Mädchen) besonders rasch und zwar verhältnissmässig am meisten nach vorn (daher die starke Prominenz des Pomum Adami); die Stimmbänder werden länger und dicker, die Knorpel härter und stärker. Im weiblichen Geschlecht dagegen wächst der Kehlkopf mehr in die Länge als in die Breite und Tiefe. Während dem verändert (»bricht«) sich die Stimme und gewinnt in beiden Geschlechtern an Umfang. Die auffallendsten Veränderungen bietet das männliche Geschlecht, während der Knabe Sopran oder Alt sang, wird die Stimme, in der Regel um 1 Octave und mehr, tiefer; am Anfang der Uebergangsperiode sind jedoch die Töne noch schwach und klanglos.

Meist zwischen 20. und 25. Jahr beginnt der Kehlkopf an bestimmten Stellen des Ring- und Schildknorpels (vorzugsweise von den Muskelansätzen aus) zu verknöchern; doch sind die Vorknöcherungsgrade sehr verschieden. Im höhern Alter schreitet dieser Process weiter, die Elasticität der Stimmbänder nimmt ab, die Absonderung der Kehlkopfschleimhaut wird verändert, die Stimme wird etwas tiefer und verliert viel an Sonorität und Stärke.

648. Sinnesthätigkeiten.

Die Sinneswerkzeuge des Neugeborenen, namentlich das Auge und innere Hörorgan, zeichnen sich durch ihre Grösse aus. Unter allen normalen Gefühlen sind die des Hungers und der Sättigung bei weitem die intensesten; das Kind schreit nach Nahrung und beruhigt sich, wenn sein Verlangen erfüllt wird. Geschmacksempfindungen sind unzweifelhaft vorhanden; bringt man Süsses auf die Zunge, so macht das Kind Saugbewegungen, während Bitteres nach Magendie und Kussmaul Verziehen des Gesichts, selbst Würgen und Ekel veranlasst. Nach Letzterem kommen auch starke Riechempfindungen vor, doch scheint der Sinn jedesmal schnell gegen einwirkende Riechstoffe abgestumpft zu werden. (Im spätern Kindesalter sind die Räumlichkeiten der Nasenhöhle immer noch wenig entwickelt und das Geruchsvermögen steht entschieden zurück hinter dem Erwachsenen.) Die Wärme des Bades ist den meisten Kindern angenehm. Die Haut, namentlich an den Lippen, ist ziemlich empfindlich und Berührung der lezteren löst gewöhnlich Saugbewegungen aus. Die Reaction selbst auf starke Geräusche ist anfangs auffallend gering; bald aber treten Reflexbewegungen u. dergl. nach Einwirkung von Schallen häufig auf. Die Pupille reagirt lebhaft und die Empfindlichkeit gegen starkes Licht ist in den ersten Lebenstagen bedeutend. Zu Anfang des 3. Monats werden einzelne Gegenstände wirklich fixirt; die Sehaxen haben aber immer noch vorwaltend die Tendenz zur Parallelstellung. Die Pupille ist, wie auch im spätern Kindesalter, viel grösser als im Erwachsenen.

Mit allmäliger Scheidung der Empfindungen in objective und subjective gewinnen die Sinneswahrnehmungen an Intensität und Genauigkeit. Der Ortssinn der Haut kann sich offenbar erst dann gehörig entwickeln, wenn die willkürlichen Tastbewegungen möglich werden. Die Haut soll in allen Lebensperioden ungefähr die gleiche Anzahl von Nervenfasern enthalten; also kommen auf gleiche Hautstrecken viel mehr Fasern im Kind. Nach Czermak's mittelst der Weber'schen Methode (325) angestellten Versuchen ist der Raumsinn der Haut im Knaben stärker entwickelt als im Erwachsenen. Farben werden von Kindern oft auffallend schlecht unterschieden; dagegen kulminirt in dieser Lebenszeit die Fähigkeit bei geringem Licht und auf weite Entfernung zu sehen. Schon um die Pubertätszeit beginnt eine langsame Verminderung der Accommodationsbreite des Auges; im 5. Decennium schreitet dieselbe rasch fort. Im Greisenalter nimmt die Feinheit und Schärfe der Sinne bedeutend ab; der Glanz der Augen geht meist verloren, die Hornhaut bekommt einen weissen Ring (Arcus senilis), das Auge wird weitsichtig. Auch die Gehörempfindungen erfahren, nach Intensität und Qualität, häufig Beeinträchtigungen.

649. Seelenthätigkeiten im Kinde.

Die psychischen Thätigkeiten, deren Entwicklung kein Physiologe treffender als Burdach geschildert hat, entstehen, nehmen allmälig zu und sinken wieder; jede erreicht ihre Culmination in einer bestimmten Lebenszeit.

Die psychische Anlage des kleinen Kindes kann sich nicht aus sich heraus vervollkommnen und kommt erst zur Entfaltung durch die Anregungen, die sie von den Sinnesorganen empfängt (320). Empfindungen, zahlreicher und intenser als im Fötus, sind die ersten geistigen Regungen des Neugeborenen, sie führen zu mehrfachen Ausdrücken des Behagens und Missbehagens, zu Bewegungen der Extremitäten, Schreien u. s. w. Die Empfindungen sind anfangs indifferent, inhaltsarm; allmälig aber lernt das Kind dieselben unterscheiden in objective und in Gemeingefühle (314). Die Anfänge dieses wichtigen Processes reichen wohl nicht weiter zurück als bis etwa zur 10. Lebenswoche; denn hier erst treten unverkennbare Zeichen auf, dass das Kind einzelnen Gegenständen, namentlich glänzenden und bewegten, seine Aufmerksamkeit schenkt, indem es ihnen mit den Augen nachfolgt. Bald sucht es nach denselben zu greifen und lernt somit allmälig die Richtungen unterscheiden; es beruhigt sich, wenn es Vorbereitungen sieht, um ihm Nahrung zu geben. Im 5. und 6. Monat werden entschieden Personen der nächsten Umgebung erkannt und es beginnt, während das Antlitz bisher ruhig war und ohne Ausdruck, langsam ein Verständniss für die Geberdensprache der Umgebung; auf freundliche Mienen antwortet das Kind mit Bewegungen des ganzen Körpers und mit Lächeln insbesondere und gibt bald sogar Beweise von Neigung und Abneigung gegen gewisse Personen. Regungen von Missgunst, wenn Andere etwas erhalten, was es haben wollte, treten mit der allmälig stärkern Entwicklung der Muskeln, im 9. und 10. Monat auf.

Sehr bedeutend sind die Fortschritte im 2. Jahr. Die Sinne kommen in viel umfassenderer Weise in den Dienst der Seele; die Aufmerksamkeit auf die Umgebungen nimmt in hohem Grade zu und gehen die sinnlichen Eindrücke auch schnell vorüber, so wird das Kind weniger als der Erwachsene verhindert, dem momentan Einwirkenden vollkommen und ungetheilt sich hinzugeben. Mit der Fähigkeit, sich willkürlich zu bewegen, vervielfältigen sich die Beziehungen zur Aussenwelt und die Steigerung der Muskelkraft führt zu jenem Zerstörungstrieb, der auch noch dem spätern Kindesalter so eigenthümlich ist. Zu Anfang des 2. Jahres werden einige leichte Worte, am Ende desselben schon kurze Sätze gesprochen. Wie die Vorstellungen, so beziehen sich auch die Worte des Kindes anfangs nur auf einfache, konkrete sinnliche Objekte; doch sehr bald macht sich die Tendenz zur Bildung von Begriffen geltend, zu deren Bezeichnung das Kind häufig ein konkretes Einzelnes benützt, z. B. alle Männer heissen wie der Papa, alle Hunde erhalten den Namen des Haushunds. Nunmehr reihen sich die ersten Urtheilsbildungen an, zunächst nur sinnliche, später höhere intellectuelle Verhältnisse betreffend, so dass es im Verlauf des 3. Jahres zur förmlichen Rede als Ausdruck einer Gedankenreihe kommt. Der Besitz sämmtlicher Verständigungsmittel führt nunmehr auch das Bedürfniss der Geselligkeit herbei. Alle diese Entwickelungen macht das Kleine, bei seiner offenen Sinnlichkeit und seinem unverwüstlichen Trieb zur Nachahmung, unbewusst und ohne Anstrengung durch und gleichwohl sind die Leistungen — wie schnell werden z. B. zahlreiche Worte dem Gedächtniss einverleibt! — intensiv und extensiv höchst bedeutend.

Das nunmehr folgende Knabenalter ist vorzugsweise die Periode der einfach receptiven Belehrung. Die Aufmerksamkeit richtet sich auf vielerlei Gegenstände, die Auffassung ist schnell und lebendig und das Gedächtniss, welches leicht und mühelos eine ausserordentliche Menge von Dingen aufbewahrt, gelangt zur Culmination; viele Eindrücke dieser Zeit bleiben unauslöschlich, ja selbst maassgebend für das ganze Leben. Die weitaus vorherrschende Gemüthsrichtung des Kindes und Knaben ist Heiterkeit; die deprimirenden Affekte, welche häufig, aber immer nur vorübergehend vorkommen, zeigen eine relativ geringe Intensität, wie sie auch nur sehr selten als Krankheitsursachen auftreten. Während die ersten Lebensjahre verhältnissmässig nur geringe psychische Unterschiede der Einzelnen bieten, entwickeln und differenziren sich die geistigen Richtungen und Fähigkeiten später deutlicher, einzelne Leidenschaften treten mehr hervor, sowie auch die Physiognomieen allmälig etwas prägnanter und individualisirter werden.

650. Seelenthätigkeiten in der spätern Lebenszeit.

Mit dem Jünglingsalter gestalten sich die Beziehungen zum Leben und zur Schule wesentlich anders. Verstand und Urtheilskraft sind reifer, die geistige Leistungsfähigkeit grösser und umfassender geworden. Man bleibt nicht mehr bei der Thatsache und der blossen Anschauung stehen, sondern forscht nach den realen Ursachen der Erscheinungen und deren Bedeutung für das Leben. Die Vorbereitung zum künftigen Beruf unterstützt in hohem Grade diese veränderte Richtung des, auf bestimmtere Zielpunkte gerichteten, mehr von Regungen des Ehrgefühls getragenen, desshalb weniger als früher eine fremde Leitung duldenden geistigen Strebens. Die Pubertätsentwicklung weckt zahlreiche neue Gefühle und Begierden; die Unbefangenheit der ersten Jugend hört auf, um gemessenen Beziehungen zu dem andern Geschlecht und zu Erwachsenen überhaupt Platz zu machen. Die Berührungen mit dem Leben, sowie die Verpflichtungen gegen dasselbe, sind aber verhältnissmässig noch wenig mannigfaltig und intensiv; ernstere, die Individualität beschränkende Erfahrungen stellen sich nur selten ein und werden überhaupt leichter ertragen und überwunden; man ist noch nicht im Besitz der vollen Vorstellung der Conflicte, welche die spätern Jahre Jedem nothwendig bereiten, unterschätzt desshalb vielfach die Macht und Berechtigung der gewöhnlichen Verhältnisse und Einrichtungen des Lebens und traut der eigenen Kraft alles zu. Diese Periode ist desshalb mehr als irgend eine andere die Zeit der weitgehenden Entwürfe ,der ungehemmten Ideale, der geringsten Beschränkung der Phantasie. Die Leidenschaften, im Dienst heftigerer Strebungen, werden allmälig stärker; die Gesichtszüge verändern sich oft schnell und erhalten meist jetzt schon ihren specifischen Ausdruck für das ganze spätere Leben.

Das Mannesalter ist die Periode der Reife, der Culmination der psychischen Kräfte, in welcher sich die geistigen Individualitäten am deutlichsten ausprägen und von einander unterscheiden. Die zu ihrem erreichbaren Maximum

gekommenen Leistungen des Einzelnen sind vielseitig und unter sich in grösserer Harmonie; die frühere Ueberschwenglichkeit der Anschauungen hört auf, die Phantasie unterwirft sich einem strengeren, ruhigeren Gedankengang, das wissenschaftliche und künstlerische Talent kommt zur vollsten Entfaltung. Den schwierigeren Aufgaben im öffentlichen Leben und in der Familie entspricht eine veränderte Richtung des Gemüthes, der Mann ist viel ernster und, äusserlich wenigstens, ruhiger als der Jüngling. Die höheren und ungleich nachhaltigeren Strebungen wecken aber mit Nothwendigkeit intensere Leidenschaften. Die Disposition zu psychischen Krankheiten, selbst der Hang zu Verbrechen erreicht (letzterer früher, erstere später) im Mannesalter ihr Maximum.

Zugleich mit dem Körper ermüdet im Greisen allmälig auch der Geist; das Gedächtniss verliert von seiner frühern Stärke, das Sprechen geschieht langsamer, die Beziehungen nach Aussen sind nicht mehr so vielseitig, die Theilnahme für Fremdes wird geringer, der Standpunkt egoistischer. Die Ziele, so weit sie erreichbar waren, sind erreicht und damit weiteren Wünschen und Anstrengungen eine natürliche Grenze gesetzt. Der Geist kommt zur Ruhe, die Phantasie tritt zurück, die produktive Frische hört auf und nur ungern accommodirt man sich neuen Anschauungen und Verhältnissen, welche sogar ungerecht und partheiisch aufgefasst werden. Dagegen hält der Greis um so fester an seinem frühern Erwerb und den hergebrachten, von ihm bewährt gefundenen oder geglaubten Anschauungen. Innerhalb dieser gewohnten Sphäre aber sind seine Auffassungen um so objectiver, seine Urtheile um so ruhiger und zutreffender, je mehr sie auf gereifter Erfahrung beruhen und je weniger sie von Leidenschaften gestört werden, denen das kräftigere Lebensalter ausgesezt ist.

Das Gehirn erreicht sein grösstes Gewicht im 4. Decennium und wird von da an wieder etwas leichter. Dagegen nimmt dasselbe im Neugeborenen etwa $^1/_8$ bis selbst $^1/_7$, im Erwachsenen nur ungefähr $^1/_{40}$ des Körpergewichtes ein.

B. Das Geschlecht.

651. Beziehungen der constitutionellen Geschlechtsunterschiede zu den Generationsapparaten.

Beide Geschlechter zeigen, auch abgesehen von den generativen Verrichtungen, die namentlich im Weibe unter mannigfaltigen Formen auftreten, viele und zum Theil sehr beträchtliche, Unterschiede der Organisation und der Funktionirungen. Diese Abweichungen, hinsichtlich welcher die Thierwelt ungleich auffallendere Beispiele bietet, sind um so ausgeprägter, je mehr die Generationsorgane zur Ausbildung und Entfaltung kommen. Daraus folgt:

1) Die erste Lebenszeit bietet verhältnissmässig die geringsten, die Periode der Zeugungsthätigkeit aber die grössten functionellen Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern.

Das Skelet eines 9jährigen Kindes z. B. ist weder im Becken, noch in anderen Knochen mit völliger Sicherheit hinsichtlich des Geschlechtes zu unterscheiden.

2) Nach der Involution der Geschlechtsorgane bildet sich eine gewisse An-

näherung mancher weiblichen Charaktere an die männlichen in Functionirung und Körperhabitus aus; diese Veränderungen beziehen sich besonders auf die Stimme, Gesichtsbildung, den Blick und die abnehmende Weichheit des weiblichen Gemüthes.

Unter Umständen geht diese, auch in der Thierwelt vielfach zu beobachtende, sog. Virilescenz alter Frauen besonders weit; es brechen Haare im Gesicht und an andern Körperstellen aus, die Stimme wird auffallend tief und rauh u. s. w. Wesentliche Bedingung ist immer, abgesehen von dem Erlöschen der Geschlechtsfunctionen, eine gehörige Energie des vegetativen Lebens. In schwächlichen Weibern sind diese Metamorphosen geringer.

3) Den besten Beweis für die grosse Abhängigkeit des Gesammtorganismus von den generativen Functionen bieten namentlich die männlichen Castraten; die Entfernung der Hoden vernichtet nicht bloss das Zeugungsvermögen, sondern stört auch, wenn sie in früheren Jahren erfolgt, die Entwicklung der specifisch männlichen Charaktere des Körpers und Geistes überhaupt. Die Statur ist meist klein, der Körperbau zarter, die Muskulatur weniger entwickelt, die Beckenregion breit, der Thorax dagegen schmal, die Haut weich und sehr fettreich, der Bart fehlt, der Kehlkopf ist klein, die Stimme hoch, das psychische Verhalten erinnert mehr an das Weib.

4) Unvollkommene Entwicklung der Hoden oder Eierstöcke unterdrückt mehr oder weniger, ausser den specifischen Functionen, eine Reihe connexer, allgemeiner sexueller Differenzen. Die sog. Mannjungfern (Viragines) mit wenig entwickelten Brüsten, vollständigen aber kleineren inneren Genitalien, follikelarmen Eierstöcken, sparsamer oder fehlender Menstruation, haben eine grössere Statur, weniger entwickelte Beckengegend, tiefere Stimme, derbe Haut, selbst behaarte Oberlippe u. s. w.

Die Eigenschaften des männlichen Castraten finden sich, wenn auch meist nur in geringerem Grade, in Solchen, deren Hoden in der Ausbildung zurückgeblieben sind.

652. Wachsthum.

Die durchschnittliche Körperlänge beträgt in Deutschland beim Manne 172, beim Weib 164 Centimeter. Dieser Unterschied zu Gunsten des männlichen Wuchses besteht, wenn auch in verschiedenem Grad, in allen Lebensperioden; immer hält sich die Curve, welche das Wachsthum des weiblichen Geschlechts darstellt, etwas tiefer. Beide Curven laufen etwa bis zum 12. Jahr einander nahezu parallel; dann aber erfolgt das Wachsthum der Mädchen verhältnissmässig etwas schneller und erreicht früher sein Ende. Das 16—17jährige Mädchen ist verhältnissmässig schon ebenso weit vorgerückt als der 18—19jährige Jüngling (Quetelet). Mehrere andere Functionen gehorchen derselben Norm: der weibliche Organismus entwickelt sich etwas schneller, erleidet dagegen früher einen Rückgang als der männliche.

Das durchschnittliche Körpergewicht des erwachsenen Mannes in mittleren Jahren beträgt ungefähr 64 Kilogramme; die Frau ist um 9 Kilogrammme leichter. Das, schon in der späteren Fötalzeit merkliche, Uebergewicht des männlichen

Geschlechtes macht sich in allen Lebensjahren geltend (s. die Tabelle § 685) mit Ausnahme des zwölften (Quetelet). Indem nämlich gegen die Pubertät hin das Gewicht schnell zunimmt und dieser Zeitpunkt im weiblichen Geschlecht früher erreicht wird, so holt letzteres das männliche Geschlecht, wenn auch nur vorübergehend, ein. Das Maximum des Körpergewichtes fällt beim Mann ungefähr in das 40., bei der Frau aber in das 50. Jahr.

653. Bewegungsorgane.

Im männlichen Geschlecht erlangt der gesammte Bewegungsapparat eine stärkere Ausbildung, die Muskeln sind massiger, derber und röther, die Bewegungen charakterisirt durch Kraft und Ausdauer, im Weib mehr durch Leichtigkeit. Der dynamometrische Effect (636) des Mannes übertrifft nach Regnier mindestens um $^1/_3$, der eigentliche Nutzeffekt (286) ohne Zweifel noch bedeutend mehr, die analogen Leistungen des Weibes. Am grössten ist diese Bevorzugung im 3. und 4. Jahrzehnd.

Das männliche Skelet ist grösser sowie (absolut und relativ) schwerer, es beträgt 10 %, das weibliche bloss 8 % des Körpergewichtes. Die Knochen sind eckiger, rauher, die Muskelansätze markirter, die Gelenkhöhlen tiefer. Durchgreifende Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Knochen gibt es dagegen nicht. Der Brustkorb des Mannes übertrifft, ganz besonders in seinem oberen Theil, den weiblichen in allen Dimensionen; das Brustbein ist länger und breiter, die Schlüsselbeine länger und stärker gebogen, die Schulterblätter dicker und weiter von einander abstehend, die Rippen länger, breiter und entschieden dicker, von den oberen Extremitätenknochen namentlich die der Hand absolut und relativ grösser. Dagegen ist im Weib die Lenden- und Beckenregion bevorzugt; die Lendenwirbel sind höher, das grosse Becken breiter, flacher und niedriger, das kleine ebenfalls niedriger, aber in allen seinen Dimensionen weiter. Desshalb stehen die Schenkelknochen des Weibes oben weiter von einander ab und konvergiren in der Richtung gegen das Knie viel stärker. Die unteren Extremitäten sind absolut, sowie relativ zur Körperlänge, erheblich kleiner als im Mann, daher ist die Schrittgrösse des letztern ansehnlicher. Nach Fechner verhält sich die weibliche Schrittgrösse zur männlichen wie 1000 zu 1157.

654. Stoffwechsel und Ernährung.

Der Stoffumsatz ist im männlichen Geschlecht sowohl absolut, als auch im Verhältniss zum Körpergewicht stärker; der Unterschied ist wiederum am deutlichsten in den mittleren Lebensjahren. Dem entspricht auch ein grösseres Bedürfniss nach Schlaf; Frauen ertragen die Schmälerung des letzteren leichter als Männer, deren Schlaf fester und länger ist. Die Körpergewichtsabnahme in den ersten Lebenstagen (635) kommt in Knaben viel häufiger vor, ohne Zweifel als Ausdruck eines stärkeren Stoffwechsels.

Die Nahrungszufuhren zum männlichen Körper sind absolut und relativ grösser; Hunger und Durst stellen sich häufiger ein und ihre Nichtbefriedigung

kann weniger gut ertragen werden. Der Mann liebt nahrhafte, mehr animalische Kost, die Frau mehr vegetabilische Speisen. Beispiele von excessiver Esslust sind viel häufiger im männlichen Geschlecht. Es fehlt leider noch durchaus an vergleichbaren Angaben über die Differenzen des mittleren Nahrungsbedürfnisses beider Geschlechter.

Der weibliche Körper ist nach vollendetem Wachsthum durchschnittlich fettreicher als der männliche, am bevorzugtesten sind die Gegenden des Gesässes und der Brust. Die Fettansammlung unter der Haut bedingt die grössere Abrundung der weiblichen Formen. Die Epidermoidalgebilde des Weibes sind weicher und zarter, die Haare kommen an allen Körperstellen zu geringerer Entwicklung. Alleinige Ausnahme bilden die durch Länge und Feinheit ausgezeichneten Kopfhaare; Kahlköpfigkeit ist im Weib eine seltene Erscheinung.

655. Blut und dessen Umlauf.

Das Blut des Mannes hat ein etwas höheres specifisches Gewicht, einen stärkeren Geruch namentlich nach Schwefelsäurezusatz; es gerinnt langsamer und bildet eine derbere Placenta, es ist reicher an festen Bestandtheilen, namentlich an Blutkörperchen (also auch an Eisen), nur die Fette, Salze und (?) das Eiweiss sollen eine Ausnahme machen. Das Serum der Frau ist fast 1 % wasserreicher. Die mit einander vergleichbaren neueren chemischen Blutanalysen — die Forscher, Lecanu, Becquerel und Rodier, Nasse u. s. w. gelangten theilweis zu widersprechenden Ergebnissen — führen etwa zu folgenden Durchschnittswerthen in runden Zahlen:

	Mann	Weib
Eiweiss	54	57
Fibrin	3	2
Körperchen	152	125
Salze	7	8
Wasser	784	808

Der Puls der Frau ist etwas frequenter; diese Differenz bewährt sich auch dann noch, wenn man männliche und weibliche Individuen derselben Körpergrösse einander gegenüberstellt. Ausserdem ist der weibliche Puls kleiner und hinsichtlich der Dauer der auf einander folgenden Schläge variabler als im Mann.

Guy kam zu folgenden Resultaten:

Alter in Jahren.	Pulsfrequenz.	
	Mann	Weib
2—7	97	98
8—14	84	94
14—21	76	82
21—28	73	80
28—35	70	78

Alter in Jahren.	Pulsfrequenz.	
	Mann	Weib
35—42	68	78
42—49	70	77
49—56	67	76
56—63	68	77
63—70	70	78
70—77	67	81
77—84	71	82

Die Blutmasse des Mannes ist nach Valentin relativ grösser; das Herz ist stärker entwickelt, die Gefässe weiter und dickwandiger (der arterielle Blutdruck ohne Zweifel etwas höher), die Capacität des Venensystems relativ noch mehr vorwiegend. Dagegen sind im Weib namentlich die Gefässe der Generationsapparate bedeutend bevorzugt.

Hering fand eine Kreislaufsdauer (für die Jugularisbahn) in Stuten von 25,4, in Hengsten von 27,3 Sekunden. Die Zahl der zu dieser Zusammenstellung verwerthbaren Versuche Hering's ist übrigens nur eine geringe.

656. Verdauung und Harnbildung.

Der ganze Dauungsapparat, sammt den annexen Organen, Leber, Pankreas u. s. w. ist im Weib kleiner. Die Mundhöhle ist weniger geräumig, die Kaumuskulatur schwächer ausgebildet; die Zähne, namentlich die Eckzähne, sind kleiner, und es kommt häufiger vor, dass einzelne Milchzähne das ganze Leben hindurch verharren, ohne durch Ersatzzähne verdrängt zu werden. Auch fehlen die Weisheitszähne dem Weib öfter als dem Mann. Der Magen ist ziemlich kleiner und dünnwandiger, der Dünndarm weiter, aber relativ kürzer.

Das Chylussystem soll angeblich im Weibe mehr bevorzugt sein und die Resorption rascher erfolgen. Gegen letztere, an sich schon unwahrscheinliche, Angabe können wohl Kaupp's Versuche angeführt werden über den Eintritt des Todes von mit gleichen Dosen Strychnin vergifteten Kaninchen. Die mittlere Todeszeit war in den männlichen Thieren 15, in den weiblichen 25 Minuten.

Nieren und Harnblase der Frau sind kleiner und gleichwohl das Bedürfniss Harn zu lassen viel seltener als im Mann. Der Urin der Frau steht nach Gesammtmenge, Summe der festen Bestandtheile überhaupt, Harnstoff und unorganischen Verbindungen hinter dem Mann zurück und zwar sowohl absolut als auch relativ im Verhältniss zum Körpergewicht. Nur die Harnsäure soll keine Verschiedenheiten bieten.

Die Versuche von Lecanu, Bischoff und Beigel führen für den Harnstoff in 24 Stunden zu folgenden Grammwerthen im Endmittel.

	Absolute Menge	Für 1 Kilogramm Körpergewicht
Mann	33,7	0,40
Frau	24,0	0,35

Die Unterschiede der Harnsecretion hängen grossentheils, aber doch nicht ausschliesslich, von der Lebensweise u. s. w. beider Geschlechter ab. „Die betreffenden Untersuchungen der Forscher (ausser den Genannten: Denis, Lehmann, Scherer, Mosler u. s. w.) sind aber vorerst noch zu wenig zahlreich und viel zu wenig unter sich vergleichbar, als dass die Aufstellung von Mittelwerthen der Einzelbestandtheile des Urins beider Geschlechter rathsam wäre.

657. Athmen.

Der gesammte Respirationsapparat ist im Manne stärker entwickelt als in der Frau. Die Nase und besonders die Nasenlöcher sind (auch relativ) grösser, die Nasenhöhle und deren Annexa viel geräumiger, der Kehlkopf (der im Weib nicht oder nur an beschränkten Stellen verknöchert) bedeutend entwickelter und hervorspringender. Die Unterschiede der männlichen und weiblichen Stimmhöhe s. 495. Die Vitalcapacität des mittleren Mannes beträgt 3200 bis 3600 C. C. M., die des Weibes fast ⅓ weniger (etwa 2500 C. C. M.). Die Athemzüge des Mannes sind etwas seltener, aber viel tiefer, das geathmete Luftvolum also bedeutender; specielle Angaben hierüber fehlen noch. Beim gewöhnlichen ruhigen Einathmen erweitert sich die Brust, namentlich in ihrem oberen Theil, nur sehr wenig, das Abdomen und die untersten Rippen dagegen am stärksten; während im Weib der Bauch weniger, als der Thorax (und zwar dessen horizontaler Querschnitt) an Umfang gewinnt.

Dulong und Desprefz fanden in männlichen Thieren bedeutendere Kohlensäurewerthe. Nach Andral und Gavarret bildet das männliche Geschlecht in allen Lebensperioden zwischen dem 8. Jahr und dem hohen Greisenalter mehr Kohlensäure (durchschnittlich etwa ⅓) als das weibliche. Diese Differenz ist besonders stark zur Zeit der Geschlechtsreife, in welcher der Mann fast das doppelte Kohlensäurequantum bildet; während dieser ganzen Periode soll überdiess die Kohlensäureproduktion der Frau keine grossen Unterschiede bieten, und erst gegen Ende des 5. Decenniums wieder etwas wachsen, um schliesslich, der allgemeinen Norm gemäss, im höhern Alter allmälig zu sinken. Die Perspiration ist viel stärker im Manne, auch ist derselbe entschieden mehr zum Schwitzen geneigt. Bedeutendere Temperaturunterschiede der Geschlechter bestehen nicht; vielleicht ist das Weib ein Minimum höher temperirt (v. Bärensprung).

Scharling erhielt folgende Kohlensäurewerthe:

	Alter	Körpergewicht in Kilogr.	Kohlensäure ausgeathmet in 1 Stunde in Grammen	
			absoluter Werth	auf 1 Kilogramm Körpergewicht
Mann	35 J.	65	33,5	0,51
Mann	28	82	36,6	0,45
Jüngling	16	57,7	34,3	0,59
Jungfrau	17	55,7	25,3	0,45
Knabe	9,7	22	20,3	0,92
Mädchen	10	23	19,1	0,88

658. Nervensystem.

Das männliche, im Allgemeinen etwas windungsreichere Gehirn ist in allen Lebensperioden schwerer als das weibliche; nach Huschke betragen die beiderseitigen Durchschnittswerthe 1424 und 1272 Gramme. Im Mann prävaliren häufig die vorderen und oberen Grosshirnlappen, im Weib die Hinterhauptslappen. Der Hirnschädel des Mannes ist etwas grösser und weniger abgerundet, der Gesichtsschädel sowohl absolut als im Verhältniss zum Hirntheil bedeutend grösser als in der Frau.

Das Nervensystem des weiblichen Geschlechtes ist im Allgemeinen reizbarer, wie auch zahlreiche pathologische Erfahrungen darthun. Intense Sinnesreize, vornehmlich starke Schalle und durchdringende Gerüche, werden heftiger empfunden; Reflexbewegungen sind viel häufiger. Gleichwohl erduldet die Frau Schmerzen in der Regel besser und standhafter als der Mann. Manche Leistungen der Sinnesorgane sind in ihr bevorzugt, so namentlich das Getast und die Farbenwahrnehmungen.

Das männliche Geschlecht zeigt nicht bloss im Ganzen, sondern auch durchschnittlich in seinen einzelnen Gliedern eine intensiv und extensiv grössere geistige Leistungsfähigkeit und eine stärkere Differenz und mannigfaltigere Charakteristik der Einzelindividuen. Selbst die Gesichtszüge sind im Manne ausgeprägter und individualisirter, als die feineren und milderen weiblichen Physiognomieen.

Alle diese Unterschiede hängen nicht bloss von äusseren Ursachen, dem Culturzustand u. s. w., sondern unläugbar auch von ursprünglichen Verschiedenheiten der Anlagen ab. Sie würden übrigens von ihrem Interesse selbst dann nichts verlieren, wenn die erstgenannten Momente ausschliesslich maassgebend wären. Wer freilich die Lösung dieser Fragen vorzugsweis in unkultivirten Völkern sucht, der gelangt in der Regel zum Schlusse, dass alle angeblichen psychischen Unterschiede gar nicht oder kaum existiren. Die rohen, jede Entwicklung hemmenden Culturzustände sind aber, wie kaum zu erinnern nöthig ist, zur Untersuchung der vorliegenden Fragen wenig geeignet.

Die Frau lebt mehr der unmittelbaren Gegenwart, der äussern Anschauung, der concreten Empfindung, den nächsten Beziehungen der Dinge. Diese vor-

zugsweis **receptive Richtung** begünstigt die bemerkenswerthe Entfaltung ihres Gemüthslebens; sie ist theilnehmender für den Nebenmenschen als der Mann, ihre Kinderliebe ist inniger, ihre Religiosität und Sittlichkeit grösser; aber auch das Urtheil schnellfertiger und oberflächlicher, das Handeln minder nachdrücklich. Der Mann dagegen wendet sich mehr dem Wesen, den objectiven reellen Gründen der Dinge, sowie den abstrakteren Verhältnissen zu; das Gemüth tritt mehr zurück, der schaffende und Neues producirende Verstand gewinnt entschieden die Oberhand. Nahezu alle wichtigen Erfindungen und Entdeckungen in Kunst, Wissenschaft und Leben rühren vom Manne her. Die Affekte und Leidenschaften sind im männlichen Geschlecht viel heftiger und ausgeprägter; der Mann ist muthiger, consequenter und desshalb rücksichtsloser und roher in seinen Handlungen. Der Hang zu Verbrechen ist im männlichen Geschlecht nach übereinstimmenden statistischen Erfahrungen entschieden viel grösser, in Frankreich z. B. um das Vierfache, auch prävaliren in demselben die Verbrechen an Personen, welche durchschnittlich die schwereren sind, verhältnissmässig noch mehr. Bloss etwa $^1/_4$ der Selbstmorde fällt auf das weibliche Geschlecht. Diese Thatsachen sprechen um so deutlicher zu Gunsten des letzteren, als keine durchgreifenden Sexualdifferenzen in der allgemeinen Anlage zu Geisteskrankheiten bestehen, sodass folgerichtig weder die Selbstmorde noch die Verbrechen — wenigstens in ihrer grossen Majorität — auf wirkliche Geistesstörungen zurückgeführt werden dürfen.

Die psychischen Differenzen sind am stärksten vom 3. bis 5. Jahrzend des Lebens; aber schon im Kinde lassen sich ihre Keime erkennen. Der Knabe ist muthiger, heftiger, lebhafter, das Mädchen sanfter, receptiver, ungleich gelehriger und verständiger namentlich in den gewöhnlichen Angelegenheiten des Lebens. Auch hier gilt die allgemeine Norm, dass das Mädchen sich absolut, geschweige denn relativ, schneller entwickelt als der Knabe, wogegen das weibliche Geschlecht zeitiger und auf einer frühern Stufe zum Stillstand kommt.

C. Körperconstitutionen.

659. Allgemeine Eigenschaften.

Auch innerhalb des gesunden Lebens unterscheidet man als die beiden Gegensätze in der Entwickelung der „Körperkraft“, **die starke, kräftige Constitution** gegenüber der **schwächlichen**, und zwischen diesen die **Mittelzustände**, welche der Mehrzahl der Individuen eigen, allmälig in jene Extreme übergehen. Bei dieser Classification sind maassgebend: 1) die quantitativ bestimmbare Leistungsfähigkeit der Muskeln und 2) ein Complex von, jedoch nur zum Theil messbaren Qualitäten, die sich im Allgemeinen charakterisiren durch den Grad der Widerstandsfähigkeit der Individuen gegen äussere und innere, d. h. im Körper selbst liegendeEinflüsse. **Je kräftiger nämlich ein Organismus, desto weniger ist er abhängig von Aussen, in desto geringerem Grade werden seine Funktionen verändert, wenn er unter andere Verhältnisse kommt und desto weiter wird die Sphäre, innerhalb welcher er normal oder überhaupt noch funktioniren kann.**

Diese Attribute der Constitution sind übrigens keine unveränderlichen, dem Individuum unbedingt anhaftende; schwächliche Säuglinge können später kräftige Knaben und Männer und umgekehrt starke Kinder im erwachsenen Zustand schwächlich werden. Die Constitution — es ist hier nur von innerhalb des gesunden Lebens sich bewegenden Verhältnissen die Rede — verbessert sich übrigens während des Wachsthums häufiger, als dass sie sich verschlechtert. Der nach Entwickelung der Pubertät erreichte Zustand ist meist maassgebend für mehrere Decennien. Die Einflüsse der Constitution reichen so weit und tief, dass sie eine Menge zum Theil selbst sehr wirksamer anderweitiger Momente, mehr oder weniger zurückdrängen können; das durchschnittlich schwächere Weib z. B. übertrifft in seinen kräftigen Individuen den schwächlicheren, ja selbst den mittleren Mann; der robuste Greis den Vierziger der Durchschnittsconstitution u. s. w.

Die betreffenden Bezeichnungen sagen sonach über die Qualitäten eines Individuums in aller Kürze sehr viel aus, daher die zu allen Zeiten anerkannte pathologische und therapeutische Bedeutung der physiologischen Körperconstitutionen und die Nothwendigkeit auch für den Physiologen, auf die bezüglichen Verhältnisse seiner Versuchsindividuen zu achten. Nirgends treten diese Forderungen dringender hervor, als im Säuglings-, Kindes- und Greisenalter, in welchem die Constitutionen der Einzelindividuen noch mehr als in andern Lebenszeiten alle Berücksichtigung verlangen.

660. Muskelthätigkeiten.

Die Muskeln des schwächlich Constituirten bieten, auch in ihrem Normalzustand, mehr oder weniger die Charaktere des mässig ermüdeten Muskels. Wir verweisen in diesem Betreff auf 90—93. Die Muskulatur des Schwachen ist entschieden reizempfänglicher; durch psychische Bewegungen geräth sie leichter in Aufregung, Zittern, Erschlaffung u. dgl. Schläge der Inductionsmaschine, welche den normalen Muskel kaum anregen, rufen starke und ausgebreitete Muskelzuckungen hervor; Reflexbewegungen sind in Schwächlichen sehr häufig.

Sinnesreize afficiren den schwachen Menschen viel mehr als den starken: auch sind die Gemeingefühle in Ersterem ungleich intenser (sog. nervöse Constitution der Pathologen).

Der mechanische Nutzeffekt des Schwächlichen ist gering, seine Muskeln ermüden leicht und das Ermüdungsgefühl hört später auf; daher kann es nicht auffallen, dass Schwächliche häufig eine geringere Energie des Willens zeigen als Menschen von starker Constitution. Die Muskeln des Schwächlichen sind blass, schlaff, wenig voluminös, mit schmäleren Primitivfasern versehen; ihr Stoffwechsel und ihre electromotorischen Kräfte sind geringer. Die Knochen sind leichter und zeigen weniger entwickelte Muskelansätze. Daher sind im Allgemeinen auch die kräftigeren Menschen die schwereren, obschon es bekanntlich nicht wenige Ausnahmen gibt.

661. Anderweitige Funktionen.

Die kräftigen Menschen haben durchschnittlich einen absolut intensiveren Stoffwechsel und ein stärkeres Schlafbedürfniss, sowie einen tieferen, ruhigeren, erquickenderen Schlaf als Schwächliche. Der Appetit ist stark, namentlich nach nahrhafter derber Kost, die Verdauung kräftig und rasch, der voluminöse Magen

hat eine stark entwickelte Muskulatur. Abweichungen der proportionalen Blutmenge sind nicht bekannt, übrigens auch nicht wahrscheinlich. Das Blut hat ein hohes specifisches Gewicht, ist reich an festen Bestandtheilen namentlich Körperchen, die Farbe ist gesättigter und dunkler, der specifische Blutgeruch stärker, die Gerinnung erfolgt durchschnittlich langsamer. Die Arterienlumina sind gross, der Puls selten aber gross und durch Verdauung, Bewegung u. s. w. weniger veränderlich als im Schwächlichen. Der arterielle Blutdruck ist höher, Colin fand ihn in kräftigen Pferden fast doppelt so gross als in schwachen.

Der Kräftige athmet seltener aber viel tiefer; die Vitalcapacität seiner Respirationsorgane ist sehr viel grösser als im Schwächlichen; auch bildet er grössere Mengen von Respirationsprodukten. Die Perspiration, namentlich auch die Neigung zur Schweissbildung, ist stärker, die Cutis derber und der Haarwuchs, besonders im männlichen Geschlecht, entschieden stärker. Der Urin ist reicher an festen Bestandtheilen und kann in der minder reizbaren Blase längere Zeit zurückgehalten werden. Das Zeugungsvermögen ist grösser und Geburt, Lactation u. s. w. greifen einen robusten Körper verhältnissmässig nur wenig an; auch wird in letzterem die Milch kopiöser und reicher an festen Bestandtheilen secernirt. Ein Antagonismus zwischen der Entwickelung der Körperkraft und der intellectuellen Vermögen besteht an sich entschieden nicht. Die von den Vertheidigern der gegentheiligen Ansicht vorgebrachten Thatsachen, z. B. dass der Körper von geistig frühzeitig entwickelten Kindern oft schwächlich sei, dass die Gelehrten mehr schwächliche als robuste Repräsentanten bieten, diese und andere, zum Theil vieldeutige und von den verschiedensten Ursachen abhängige, Erscheinungen beweisen jedenfalls nichts für einen direkten Gegensatz der psychischen und körperlichen Entwickelungsfähigkeit.

D. Wuchs und Körpergewicht.

662. Schwankungen und gegenseitige Beziehungen beider Werthe.

In proportionirt gebauten erwachsenen Individuen verhalten sich die Extreme des Körpergewichts etwa wie 1 zu $2^1/_2$ bis höchstens 3, diejenigen der Körperlänge aber bloss wie 1 zu $1^1/_3$ oder höchstens $1^2/_5$.

Auf 100 erwachsene, sonst proportionirt gebaute Männer (Englands) vertheilen sich nach Hutchinson die einzelnen Körperlängen etwa folgendermassen

bis 5 Fuss engl.	0,7 Procent
5 F. 0 Z. bis 5. F. 1 Z.	0,5
5. 1 „ 5. 2	1,5
5. 2 „ 5. 3	1,5
5. 3 „ 5. 4	3,0
5. 4 „ 5. 5	4,5
5. 5 „ 5. 6	8,0
5. 6 „ 5. 7	15,0

5. F.	7 Z.	bis	5. F.	8 Z.	21,5	Procent
5.	8	„	5.	9	17,0	
5.	9	„	5.	10	10,5	
5.	10	„	5.	11	6,0	
5.	11	„	6.	0	5,5	
über 6 Fusse					gegen 5.	

Mit zunehmender Länge wächst auch das Gewicht des Körpers, eine Norm, die nicht bloss für das individuelle Wachsthum gilt, sondern auch bei Erwachsenen verschiedenen Wuchses. Hutchinson und Brent geben für die männliche Population Englands folgende Tabelle. Die Gewichtsangaben schliessen die Kleider in sich, die (beim Manne) etwa $^1/_{18}$ von dem Gesammtgewicht betragen.

Körpergrösse in engl. Zollen	Körperschwere in Pfunden
61	120
62	126
63	133
64	138,6
65	142
66	144,6
67	148,4
68	155
69	162
70	168,6
71	174

Demnach steigt bei einer Zunahme der Körperlänge um 1 Zoll das Gewicht durchschnittlich um nahezu $6^1/_2$ Pfunde, mit (ob zufälliger?) Ausnahme der Längen zwischen 5′ 4″ bis 5′ 7″, wo die Zunahme bloss etwa $3^1/_3$ Pfunde beträgt.

Die Beziehungen zwischen Wuchs und Körpergewicht der Erwachsenen sind noch nicht exact genug festgestellt. Die Gewichte von symmetrischen Körpern verhalten sich wie die Cuben eines ihrer Durchmesser, also müsste z. B. wenn 67 Zoll hohe Menschen durchschnittlich 148,44 Pfunde wiegen das mittlere Körpergewicht der 69 Zoll grossen $\frac{69^3 \times 148,44}{67^3} = 162$ Pfunde betragen (s. obige Tabelle). Diese strenge Symetrie besteht aber nicht durchgängig und die gedrungeneren Personen sind bekanntlich die verhältnissmässig dickeren. Nach Hutchinson verhalten sich die Gewichte nicht wie die dritten, sondern bloss wie die 2,7 Potenzen, nach Quetelet sogar nur wie die zweiten Potenzen der Körperlängen.

Den bedeutenden Verschiedenheiten des Körperwuchses und Gewichtes entsprechen die sogleich zu betrachtenden gesetzmässigen Abänderungen in der Intensität gewisser Funktionirungen des Organismus.

663. Pulsfrequenz.

Die Pulsfrequenz nimmt bedeutend ab mit zunehmender Körpergrösse (Bryan Robinson, Rameaux, Volkmann). Mit anderen Worten, die Dauern der Pulse wachsen mit zunehmender Körpergrösse und zwar nimmt mit Zunahme der Körperlänge um 1 Decimeter die Dauer eines Pulses durchschnittlich zu um etwa 3 Hunderttheile einer Secunde, d. h. etwa um 1/20 einer mittleren Pulsdauer. Volkmann gibt folgende Tabelle, die nur wenige (zufällige) Ausnahmen von der allgemeinen Regel bietet; die Rubriken niedern Wuchses enthalten selbstverständlich nur Unausgewachsene.

Körperlänge in Centimetern.	Pulsfrequenz in 1 Minute.	Dauer eines Pulses in Secunden.
50—60	139,8	0,43
60—70	126,6	0,47
70—80	116,5	0,52
80—90	110,9	0,54
90—100	106,6	0,56
100—110	101,5	0,59
110—120	93,6	0,64
120—130	92,2	0,65
130—140	87,7	0,68
140—150	85,1	0,71
150—160	77,8	0,77
160—170	73,2	0,81
170—180	71,9	0,83
180—190	72,5	0,83
190—200	73,4	0,82
über 200	71,2	0,84

664. Blutgeschwindigkeit.

Die Kreislaufszeiten nehmen in Thieren derselben Art bedeutend zu mit Zunahme des Körpergewichts und der Körperlänge (Vierordt).

Körpergewicht (von Hunden) in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Dauer eines Blutumlaufes in Secunden.	Puls-frequenz.	Pulse auf einen Kreislauf i. der Jugularisbahn.
a) 1,8	42	10,44	140	24,3
b) 6,8	55	14,28	85	20,2
c) 8,8	60	15,66	105	27,4
d) 22,5	73	19,37	114	36,6

Obige Tabelle zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht (Rubrik b ausgenommen) die Zahl der auf eine Blutumlaufsdauer fallenden Pulse zunimmt, mit anderen

Worten: das Verhältniss der mittelst einer Ventrikelsystole ausgetriebenen Blutmasse zur Gesammtblutmenge des Körpers nimmt ab mit zunehmender Länge und Schwere des Körpers.

Ferner sind in Thieren kleiner Statur die arteriellen Stromgeschwindigkeiten beträchtlich höher als in grösseren Thieren derselben Art, sowie durch erstere eine viel bedeutendere Blutmasse circulirt als durch gleiche Gewichtstheile grosser Thiere (Vierordt).

Die Vergleichsversuche a und a' beziehen sich auf die Carotis, b und b' auf die A. cruralis von Hunden.

Körpergewicht in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Pulsfrequenz.	Secundengeschwindigkeit des Blutes in Millim.	Durchflussmenge während 1 Secunde in Grammen.	
				absolute	für 1 Kilogr. Körpergewicht
a 17,6	86	91	241	3,51	0,20
a' 8,0	66	100	274	2,47	0,31
b 10,2	63	119	137	1,07	0,10
b' 6,9	61	93	164	1,30	0,18

Die mitgetheilten Versuche gestatten den Schluss: kleine erwachsene Thiere sind im Verhältniss zu ihrem Körpergewicht blutreicher als grössere von derselben Art.

665. Athmen.

Zwischen der Körperlänge einerseits und der Entwickelung des Thorax und des Respirationsapparates andererseits besteht eine durchschnittliche Proportionalität. Grosse Menschen haben viel geräumigere Lungen, einen grösseren Kehlkopf, stärkere und längere Stimmbänder und eine etwas tiefere und merklich stärkere Stimme als kleine. Desshalb ist die Körperlänge auch von beträchtlichem Einfluss auf die Vitalcapacität (232) der Athmungswerkzeuge. Nach Hutchinson nimmt im Erwachsenen mit Zunahme der Körperlänge um 1 Centimeter die Vitalcapacität zu um etwa 60 Cub. Cent. Met. (bei Frauen jedoch weniger, etwa um 40).

Folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Messungen einiger Spirometriker.

Körperlänge in C. M.	Vitalcapacität in C. C. M.
154,5—157	2635
157—159,5	2841
159,5—162	2982
162—164,5	3167
164,5—167	3287
167—169,5	3484
169,5—172	3560
172—174,5	3634
174,5—177	3884
177—179,5	3842
179,5—182	4034
182	4454

Menschen kleiner Statur athmen häufiger, aber viel weniger tief als grosse. Die absolute Intensität des respiratorischen Gaswechsels ist in ersteren geringer, die relativen (auf die Körpergewichtseinheit bezogenen) Mengen der Respirationsprodukte aber grösser als in grossen und schweren Personen. Ausser den 657 erwähnten Versuchen Scharling's sind hiefür auch diejenigen von Andral und Gavarret anzuführen.

Alter in Jahren.	In 1 Stunde ausgeathmeter Kohlenstoff in Grammen.		
	Mittelmässige	Gute	Sehr starke Entwickelung.
11 u. 12	7,4	7,6	8,3
24	11,0	—	14,1
32—33	10,6	11,5	—
59—60	10,0	—	13,6
53—64	8,7 (schwach)	—	12,4

666. Anderweitige Funktionen.

Die Erfahrungen über die Intensitäten einiger fundamentalen Erscheinungen des Blutkreislaufes und der Respiration erlauben wohl den verallgemeinernden Ausspruch: die absolute Intensität des Stoffwechsels ist in hochgewachsenen und schweren Individuen grösser als in kleinen und leichten, während die relative Grösse des Stoffwechsels sich umgekehrt verhält. Systematische Zusammenstellungen über die Zufuhren überhaupt, die Harnbildung u. s. w. fehlen allerdings noch; doch lehrt die gewöhnliche Erfahrung, dass im Ganzen mittelgrosse Individuen verhältnissmässig einen bessern Appetit haben als grosse und schwere. Die Resorption ist in letzteren langsamer; nach Kaupp's Versuchen an Kaninchen treten sowohl die ersten Symptome der Strychninvergiftung, als der Tod in leichteren Thieren viel früher ein als in schwereren, mit gleichen Dosen Gift behandelten. Erstere starben nach 14, letztere erst nach 23 Minuten.

Schwere Individuen bieten keine grössere allgemeine Disposition zur Erkrankung als leichtere desselben Alters; im Gegentheil dürfte die durch Abnahme der Körpermasse bedingte, relativ stärkere Erregung der Funktionen zum Nachtheil der kleineren Staturen ausfallen. Gewichtsarme Säuglinge, namentlich Zwillinge, die auffallend klein sind, haben eine viel grössere als die durchschnittliche Mortalität.

Die Muskelkraft steigt 1) in Gleichgrossen derselben Alterklasse mit zunehmender Dicke (also wachsenden Muskelquerschnitten); 2) mit zunehmender Körpergrösse (weil auch die Dicke steigt), wahrscheinlich jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, wo sie wieder abnehmen dürfte. Systematische Versuche über diese Fragen wären höchst wünschenswerth. Nach Hutchinson

steigt übrigens der manometrisch (s. 229) bestimmbare maximale Exspirationsdruck mit zunehmender Körperlänge wenn auch nicht stetig und regelmässig, doch so, dass auch bei hohen Staturen keine obere Grenze der Werthe eintritt.

E. Fettgehalt des Körpers.

667. Ursachliche Momente.

Die Thierwelt bietet bei der Vergleichung sowohl der Arten unter sich, als der Einzelindividuen derselben Art grosse Unterschiede im Gehalt des Körpers an mechanisch, d. h. in ovalen oder polyedrischen Zellen im Bindegewebe abgesetzten Fetten. Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich im Menschen, wenn gleich Fälle von excessiver Fettleibigkeit seltener sind als in vielen Thierarten, deren Disposition zur Fettansammlung entschieden grösser ist. Das Fett kommt besonders vor unter den allgemeinen Bedeckungen, zwischen den Muskeln und deren Bündeln, im Netz und um die Nieren; in den Augenhöhlen und am Herzen schwindet es selbst bei grosser Abmagerung des Körpers nicht vollständig. Angaben über die Längenverhältnisse des mechanisch abgelagerten Fettes bei Mageren einerseits und Fettleibigen andererseits fehlen; nach Beclard betragen die Fette schon bei mässiger Beleibtheit $^1/_{20}$ des Körpergewichts.

Unter allen Bestandtheilen des Körpers sind die Fette bei Weitem die wechselndsten; es gibt nicht blos magere und fettreiche Individuen, sondern auch in demselben normalen Organismus erfährt kein Bestandtheil schnellere und grössere Veränderungen als gerade das Fett. In Krankheiten, namentlich in acuten fieberhaften schwereren Grades, kann dasselbe besonders rasch schwinden. Eine Menge von Ursachen wirken auf den Fettgehalt des Körpers. Den Einfluss der Lebensalter und Geschlechter s. 645 u. 654. Die Geschlechtsthätigkeit mindert den Fettgehalt; Castraten sind fettreich; nach dem Aufhören der Menstruation gegen Ende des 5. Jahrzehends werden die Frauen häufig beleibter. Körperliche und gemüthliche Ruhe befördert entschieden die Fettbildung. Vieles hängt endlich von unbekannten individuellen, zum Theil auch häreditären Einflüssen ab.

Die Körperfette werden nicht blos als solche mit der Nahrung eingeführt, sondern der Organismus besitzt entschieden das Vermögen der Fetterzeugung aus andern Nährstoffen, vor allen aus Kohlehydraten und selbst Proteinsubstanzen. Von besonderem Einfluss für die Mästung der Fleischfresser sind bestimmte Verhältnisse des Gehaltes der Zufuhren an Fetten und Proteinsubstanzen (s. 270 und folgende §§).

Hier haben wir weniger die die Fettbildung begünstigenden oder hemmenden Momente und die damit verbundenen constitutionellen Erscheinungen, sondern vielmehr die Beharrungszustände zu untersuchen, welche mit dem ausgebildeten Fettreichthum einerseits und der ausgebildeten Magerkeit andererseits verbunden sind. Die specielle Physiologie dieser Körperzustände bietet allerdings noch sehr wesentliche Lücken.

668. Fettpolster der Haut.

Unter den allgemeinen Bedeckungen bildet das Fett eine nur an wenigen Stellen unterbrochene Schicht (Panniculus adiposus). Diese fehlt gänzlich am Ohr, Scrotum und Penis, während sie verhältnissmässig entwickelt ist an Hohlhand, Fingerspitzen, Fusssohle, Gesäss, weiblicher Brust und im Gesicht. Von der Entwickelung des Panniculus adiposus hängt die Abrundung der Körpertheile ganz vorzugsweise ab; desshalb sind auch die Gesichtszüge bei magern Menschen, in welchen die Muskelwirkungen deutlicher hervortreten können, prägnanter als bei beleibten. Fette Menschen haben eine glatte und glänzendere, magere dagegen eine rauhere und häufig auch dunklere Haut; der Haarwuchs ist bei Mageren entschieden bevorzugt, sie sind durchschnittlich bärtiger und auch weniger zur Kahlköpfigkeit geneigt. Das Fettpolster der Haut hat zunächst eine mechanische Bedeutung, es mindert die Gewalt und Heftigkeit der Stösse und ist desshalb besonders wichtig an den Stellen, die, wie Hand, Fusssohle und Gesäss, anhaltenden Drücken ausgesetzt sind. Das Wärmeleitungsvermögen des Fettes ist gering; desshalb trägt das Fettpolster der Cutis dazu bei, den Wärmeverlust des Körpers auf dem Wege der Wärmestrahlung der Haut zu vermindern und die zunächst unter dem Panniculus adiposus liegenden Theile — denn so weit kann sich in der That die Wirkung der Kälte erstrecken — in normaler Temperatur zu bewahren. Der grössere Fettreichthum der Thiere während des Winters ist somit auch für die Wärmeökonomie des Organismus von eingreifender Bedeutung.

669. Sonstige Funktionen.

Magere, im Uebrigen aber kräftige Menschen haben durchschnittlich einen stärkeren Appetit, überhaupt einen, absolut und relativ zum Körpergewicht intenseren Stoffwechsel als fettreiche kräftige Individuen. Es fehlt leider noch sehr an genaueren quantitativen Bestimmungen der Stoffwechselgrössen dieser verschiedenen Körperconstitutionen. Fette Menschen sind durch ihren minder lebhaften Stoffwechsel befähigt, den Hunger besser zu ertragen und diess um so mehr, als beim Nahrungsmangel der Umsatz gerade der Körperfette eine besondere Rolle spielt. Fettleibige sollen relativ weniger Blut als Magere besitzen; in letzteren scheint die Pulsfrequenz im Allgemeinen etwas höher zu sein. Zur Intensität der Respiration steht der Fettreichthum des Körpers in einem nicht zu läugnenden Gegensatz; die Wasserthiere sind durchschnittlich fettreicher als die mit einem lebhafteren respiratorischen Gasaustausch begabten Luftathmer; magere Thiere verzehren nach Regnault mehr Sauerstoff als fette; auch mindert stärkere Fettleibigkeit die Vitalcapacität des Respirationsapparates. Magere kommen bei schnellem Gehen, bei Muskelanstrengungen u. s. w. weniger leicht ausser Athem als fette Menschen. Fette Thiere secerniren, nach den an Gallenfisteln gewonnenen Erfahrungen, weniger Galle (Bidder und

Schmidt). Magere Menschen bilden mehr Urin, auch haben sie im Allgemeinen ein grösseres Bedürfniss zum Trinken. Die Muskeln magerer kräftiger Individuen sind derber als bei Beleibteren; höhere Grade von Fettleibigkeit beeinträchtigen entschieden die Muskelkraft. Das Schlafbedürfniss ist in Mageren geringer. Der schon in 667 hervorgehobene Antagonismus zwischen Genitalfunktionen und Fettgehalt des Körpers zeigt sich auch darin, dass fette Frauen minder fruchtbar und mit sparsamerem Menstrualfluss begabt sind.

F. Temperamente.

670. Eintheilung.

I. Phlegmatisches Temperament. Die Disposition zu gemüthlichen Erregungen ist nicht gross, die betreffenden Reaktionen erfolgen gemessener, langsamer und unmerklicher, die Affecte halten sich innerhalb engerer Schranken. Die Strebungen sind weniger heftig, zum Theil selbst minder beharrlich. Die eigenen körperlichen Leiden werden mässig empfunden und geduldig ertragen.

Der Phlegmatiker ist weder vorherrschend zu Lust oder Unlust, noch überhaupt zu starken und heftigen Förderungen oder Beeinträchtigungen seines Selbstgefühls disponirt; tiefe und erschütternde Genüsse kennt er nicht, ja er bietet, indem er sich selbst und der Aussenwelt gegenüber ruhiger und objectiver auftritt, sogar den Anschein einer geringeren geistigen Lebhaftigkeit überhaupt. Das phlegmatische Temperament kann desshalb auch als das ungemüthliche, ruhige oder objective bezeichnet werden.

II. Das melancholische Temperament hat die Grundeigenthümlichkeit, dass es beständig von Gefühlen erregt wird und dass viele Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen in ihm zu Ausgangspunkten nachhaltigerer gemüthlicher Stimmungen werden. Desshalb nennt Lotze dieses Temperament passend das sentimentale; man könnte es auch als das vorzugsweis subjective bezeichnen. Die Zustände gemüthlicher Depression können übrigens besser, anhaltender und äusserlich ruhiger von uns behauptet werden, als diejenigen entgegengesetzter Art; desshalb ist das, eben durch die Nachhaltigkeit seiner Stimmungen ausgezeichnete Temperament immerhin etwas mehr zur Unlust als zur Lust disponirt. Diese vorwaltend gemüthliche Antheilnahme, welche den Melancholiker in direkten Gegensatz zum Phlegmatiker bringt, hemmt übrigens seine Strebungen, wenn nicht an Beharrlichkeit, aber doch an Kraft und macht ihn zu einem verschlossenen, äusserlich ruhigen Menschen und zwar um so mehr, je stärker die Stimmungen beeinträchtigten Selbstgefühls vorwalten; andererseits ist aber auch dieses Temperament, wie Lotze so wahr bemerkt, die Basis, auf der ein grosser Theil des edelsten Geisteslebens beruht.

III. Der Sanguiniker ist gemüthlich leicht erregbar, seine vorwaltenden Grundstimmungen sind Gefühle der Lust. Die Erregungen sind zwar momentan stark, und von intensiven mimischen Bewegungen begleitet, aber an-

dererseits wenig nachhaltig und leicht wechselnd. Die entschieden vorhandene grössere gemüthliche Lebhaftigkeit, die selbst auf andere psychische Vermögen nicht ohne Einfluss ist, beeinträchtigt wegen ihrer geringen Stabilität die Stärke der Stimmungen mehr oder weniger. Der Sanguiniker ist, weil er Erregungen und Genüsse sucht und vielfach uninteressirten, wenn auch nicht tiefgehenden Antheil nimmt für Andere, ein liebenswürdiger, überall ansprechender, aber auch insofern er gern wechselt in Neigungen, Ansichten und Entschlüssen, wenig zuverlässiger Mensch.

IV. Der Choleriker ist ebenfalls leicht erregbar, die Erregungen stark und nachhaltig zugleich, und von deutlichen mimischen Bewegungen begleitet. Die vorwaltenden Grundstimmungen sind die des gehemmten Selbstgefühls, der Unlust. Die Strebungen sind beharrlich und im Vergleich zu andern Temperamenten leidenschaftlicher. Dieses Temperament, das als das heftige vorzugsweis bezeichnet werden kann, bildet vermöge seiner gemüthlichen Grundstimmung und seiner intensiven Strebungen einen grellen, in den socialen Beziehungen ganz besonders hervortretenden Gegensatz zum sanguinischen; aber die leichte Antheilnahme an Eigenem wie Fremdem und die Beharrlichkeit und Thatkraft der Strebungen befähigen andererseits den Choleriker zu Erfolgen, welche den anderen Temperamenten häufig versagt sind.

671. Somatische Beziehungen der Temperamente.

Die alte griechische Medicin leitete die einzelnen Temperamente, wie schon deren Namen besagen, geradezu ab von bestimmten im Organismus vorwaltenden Säften, Phantasieen, die höchstens noch von Denen beachtet werden, welche dieselben als Handhaben gegen die Realität auch des psychologischen Theiles der Temperamentenlehre benützen möchten. J. Müller sagt mit vollem Recht: „Es sind nicht gerade aus dem Vorwiegen eines der organischen Systeme die geistigen Eigenschaften der Temperamente abzuleiten. Denn die Muskelkraft ist weit entfernt cholerisch zu machen und das phlegmatische Wesen kommt bei gut vegetirenden und schlecht vegetirenden vor. Nicht alle Wohlgenährte und Dickbeleibte sind phlegmatisch, es gibt sehr hagere Menschen genug von entsetzlichem Phlegma und cholerische von wohlgenährter, hagerer, muskulöser und zarter Beschaffenheit und ebenso sanguinische“. Aber er geht zu weit, wenn er die somatischen Beziehungen der Temperamente nahezu gänzlich verwirft. Nach dem, was wir über die Wechselwirkungen zwischen Leib und Seele überhaupt und den psychischen Gefühlen im Speciellen wissen, müssen solche Beziehungen, wenigstens im Ganzen und Grossen, mit Nothwendigkeit stattfinden, wobei wir zunächst absehen können, ob in diesem Falle das seelische Moment, in jenem aber das leibliche das ursprüngliche Bestimmungsglied darstellt.

In Menschen, welche zu heftigen gemüthlichen Erschütterungen disponirt sind, können die vegetativen Funktionen unmöglich denselben durchschnitt-

lichen Ablauf zeigen, wie in Gemüthsruhigen, und so mag immerhin dem Phlegmatiker eine gewisse Disposition zu einem ruhigeren, gleichmässigeren Stoffwechsel, zu langsamerer Blutcirkulation, gemessenerer Muskelthätigkeit und stärkerer Ansammlung von Fetten zukommen als dem Choleriker. Die vorwiegende Grundstimmung der Lust muss beim Sanguiniker die Intensität des Stoffwechsels überhaupt, den Umsatz und die Leistungen der Muskeln, die Receptivität für Sinneseindrücke mehr oder weniger fördern und auf alles Mimische und Physiognomische anders wirken als die entgegengesetzten Stimmungen des Melancholikers. Bestimmte Strebungen endlich werden, je nach ihrer Qualität und Energie, das Muskelsystem bald so, bald anders beeinflussen. Aber das alles schliesst mehr oder weniger zahlreiche Ausnahmen nicht aus, die durch unbekannte individuelle Momente, namentlich durch eine gegenseitige Accommodationsfähigkeit bedingt sind, vermöge welcher z. B. die leiblichen Funktionen oft wiederholten psychischen Bewegungen gegenüber nach und nach unabhängig werden können.

672. Allgemeine Charakteristik der Temperamente.

Die Lehre von den Temperamenten hat die verschiedensten Auffassungen und Begrenzungen erfahren, wodurch ihr, dem Wesentlichsten nach wichtiger und tiefwahrer Inhalt nicht selten bis ins Unkenntliche entstellt worden ist. Dem subjectiven Belieben war hier Alles gestattet, so dass die ganze Doctrin von den meisten neueren Physiologen und Pathologen nahezu aufgegeben wurde, und gleichwohl sind diese Verhältnisse nicht minder deutlich als viele Dinge, die man mit den Händen greifen und mit den Augen sehen kann. Joh. Müller hat die Lehre von den Temperamenten auf ihren realen Boden zurückgeführt. Temperamente sind bestimmte, den Individuen anhaftende Zustände und Modi der Wechselwirkungen zwischen Seelischem und Körperlichem, die sich vorzugsweise kund geben durch die Intensitäten und Richtungen der psychischen Gefühle (611 u. 612), welche die Empfindungen, Gemeingefühlssensationen und Vorstellungen (als Gemüthsbewegungen, Affekte u. dgl.) begleiten, sowie durch die Art und Weise der Dispositionen für Strebungen. Die Temperamente bieten somit eine receptive, passive, und eine active Seite. Obschon sie mit den moralischen Richtungen der Charaktere nicht näher zusammenhängen, auch nicht direkt mit der Stärke der intellectuellen Vermögen, so enthalten sie doch der begünstigenden und hemmenden Momente genug, welche auf die Entfaltung auch jener Seiten des psychischen Lebens von Einfluss sind. Vor Allem ist mit J. Müller zu betonen, dass in jedem Temperament eine gewisse Intensität des geistigen Lebens möglich ist, wenn auch hier etwas mehr nach dieser, dort mehr nach jener Richtung. Der Phlegmatiker z. B., dieses Stiefkind der früheren subjectiven Temperamentenlehre, ist kein geistesfauler Mensch mit langsam dahin sich schleppenden Vorstellungen, er vermag ebenso intensiv zu denken wie der Melancholiker und Choleriker, ja selbst die gemüth-

liche Neutralität, die ihn vorzugsweise charakterisirt, macht ihn zu einem besonders objectiven, im Handeln sicheren und zuverlässigen Menschen, der bei entsprechenden geistigen Anlagen die anderen, heftigeren und unruhigeren Temperamente in Vielem zu übertreffen im Stande ist.

XXX. Von den Einzelfunktionen abhängige Körperzustände.

A. Constitutionelle Wirkungen der Muskelthätigkeit.

673. Blutlauf.

Geringe Thätigkeiten der Muskeln auch nur einer Extremität, ja selbst die Kaubewegungen allein, beschleunigen den Puls ein wenig und zwar in Schwächlichen mehr als in Robusten. Schreien und lebhafte Bewegungen können die Pulsfrequenz des Säuglings um $^1/_3$ steigern. Mässige Körperbewegung vermehrt den Puls um etwa 10—20, länger fortgesetzte um 30 Schläge in der Minute; starkes Laufen erhöht die Pulszahlen auf das Doppelte bis selbst Dreifache der Norm. Während der Körperbewegung nimmt auch die Grösse des Pulses zu, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze; bedeutende Anstrengungen vermindern wiederum die Contractionsgrössen des Herzens und zwar desshalb, weil die von den Systolen zu überwindenden Widerstände (Blutdruck) im Arteriensystem bedeutend zugenommen haben. Die Anstrengung der Muskeln ist somit begleitet von einer Zunahme der Füllung des Arteriensystems auf Kosten des Blutvorrathes der Venen, wogegen der Ruhezustand des Körpers die entgegengesetzten Verhältnisse der Blutvertheilung bietet. Die Körperbewegung vermehrt die in der Zeiteinheit umgetriebenen Blutmassen und vermindert die Dauer der Kreislaufszeiten und zwar selbst in der, auf die Bewegung unmittelbar folgenden, durch das Versuchsverfahren bedingten Ruhezeit fast um $^1/_4$.

Hering erhielt an einem Pferd folgende Werthe für die Kreislaufszeit in der Jugularisbahn.

	Puls (in der Minute)	Athemzüge (in der Minute)	Kreislaufszeit in Secunden
Ruhe	36	8	22,5
Vorher Herumtreiben im Trab	100	28	17,5
Ebenso	100	20	17,5

Der Puls wird selbst nach mässiger Körperbewegung nicht sogleich ruhig; der ermüdete Körperzustand nach starkem Gehen kann selbst von einer, mehrere Stunden dauernden starken Vermehrung ber Pulsfrequenz begleitet sein (Oesterlen).

674. Athmen.

Während der Körperbewegung steigt das Athembedürfniss bedeutend; wir können nur in der Ruhe den Athem einige Zeit anhalten, nicht aber im angestrengten Zustand. Die Füllung des Thorax mit Luft nimmt, sammt der Zahl und Tiefe der Athemzüge zu. Beim langsamen Gehen vollführen wir etwa 18, beim schnellen 30 Athemzüge in der Minute; Laufen, schnelles Steigen und sonstige heftige Körperanstrengungen können dieselben auf 70, ja 100 und noch mehr heben. Zur Messung der ausgeathmeten Luftvolume und der Kohlensäure benützte Smith einen portativen Apparat, der, wenn er auch zu viel zu hohen absoluten Werthen führte, immerhin die Aufstellung von unter sich vergleichbaren Zahlen gestattet. Wird das Volum der geathmeten Luft im ruhigen Zustand, d. h. bei horizontaler Lage des Körpers = 1 gesetzt, so hat man für das Sitzen 1,18 — lautes Lesen 1,26 — aufrechte Stellung 1,33 — langsames Gehen — 1,9 — sehr schnelles Gehen, d. h. fast 1 Meile in 1 Zeitstunde, 4,0 — Laufen 7. Belastungen des Körpers erhöhen ausserdem die geathmeten Luftvolume bedeutend.

Zuverlässige Versuche über die absoluten Mengen der Athemgase während der Körperbewegung fehlen; jedenfalls sind dieselben bedeutend vermehrt. Nach Prout ist die % Menge der Kohlensäure der Ausathmungsluft am Anfang mässiger Bewegung vermehrt, bei heftiger Bewegung aber gemindert. Selbst eine mässige Bewegung äussert, wenn der Körper wieder zur Ruhe gekommen ist, eine Nachwirkung auf den Athemprocess; der Kohlensäuregehalt der Ausathmungsluft ist ein wenig, und das geathmete Luftvolum sowie die absolute Kohlensäure um etwa $^1/_{20}$ erhöht (Vierordt).

675. Körperwärme.

Die Wärmeproduktion nimmt während der Körperbewegung bedeutend zu; calorimetrische Bestimmungen fehlen leider noch. Dessgleichen steigt die Wärmeabgabe, jedoch nicht ganz proportional, so dass eine irgend stärkere Muskelthätigkeit eine kleine Temperaturzunahme veranlasst; dieselbe beträgt $^1/_8$ bis selbst $^3/_4$° C. (J. Davy). Ueber die Nachwirkungen der Körperbewegung widersprechen sich die Beobachter; nach Einigen erreicht der Körper, wenn er zur Ruhe kommt, schnell wieder den gewöhnlichen Wärmegrad. Die Localtemperatur eines Muskels ist während seiner Thätigkeit gesteigert (Becquerel und Breschet, Helmholtz), dessgleichen steigt die Wärme der über denselben liegenden Hautparthie (Ziemssen).

Die allgemeinen Bedeckungen werden während der Muskelthätigkeit blutreicher und wärmer; die Perspiration der Cutis nimmt bedeutend zu; bei stärkerer Körperbewegung, namentlich in warmer Luft, tritt eine profuse Schweiss-

secretion ein. Die höhere Temperatur der Cutis erleichtert die Abgabe der strahlenden Wärme, während das stark vermehrte Hautwasser die von der Verdunstung abhängigen Wärmeverluste begünstigt. Die allgemeinen Bedeckungen stellen somit wichtige Compensationsmittel dar zur Erhaltung des Körpers auf annähernd gleicher Temperatur. Da die Haut im Ruhezustand verhältnissmässig am niedersten temperirt ist, so erfährt sie, wie überhaupt die peripheren Theile des Körpers, die Extremitäten u. s. w. die grösste Temperaturzunahme während der Körperbewegung und die letztere hat überhaupt den Effekt, die Körperwärme vollständiger und gleichmässiger zu vertheilen, als während der Körperruhe.

676. Sonstige Stoffwechselphänomene.

Starke Körperbewegung vermindert die Harnmenge, weil einerseits die Nieren weniger Blut empfangen und andererseits die Wasserabgabe der Respirationsorgane und allgemeinen Bedeckungen gesteigert ist. Bei fortgesetzter Bewegung, namentlich in heisser Luft, wird ein sparsamer, hochgefärbter und concentrirter Harn gebildet. Nach C. Lehmann, Speck und Anderen begünstigt Körperbewegung die Harnstoffbildung, wogegen nach Draper und L. Lehmann der Harnstoff, unbedeutende Ausnahmen abgerechnet, selbst während starker Körperbewegungen nicht unmittelbar zunehmen soll. (Eine mässige Vermehrung des Harnstoffs während der Bewegung scheint in der That vorhanden zu sein. Die darauf folgende Ruhe dürfte dann aber etwas geringere Werthe als gewöhnlich bedingen.) Die Harnsäure folgt vielleicht keiner durchgreifenden Norm; Ranke fand wenigstens keine erhebliche Zunahme bei Körperbewegungen. Die Sulphate, Phosphate scheinen in der Regel vermehrt, das in den Schweiss übergehende Chlornatrium dagegen (wenigstens nach einigen Erfahrungen) gemindert zu sein.

Voit hat an einem, verschieden gefütterten, Hund Versuche angestellt über den Einfluss kurzer, aber einigemal im Tag wiederholter starker Anstrengungen (das Thier lief im Ganzen 1 Stunde täglich in einem Tretrad) auf den Harnstoff, wobei freilich nur die 24stündige Gesammtmenge berücksichtigt wurde. Er fand folgende Grammwerthe.

	Ohne	Mit Laufen.
Hungerperiode	13,3	16,6
„ „	10,8	12,3 (Die Lauftage fallen in die Mitte der 9tägigen Hungerperiode.)
Fleischtage	110,0	114,0—117,0

Die Muskelanstrengung vermehrt die Gesammtausgaben des Körpers; desshalb nimmt der Körper bei einer Diät, welche bei ruhigem Verhalten sein Gewicht in einigen Tagen zu vermehren im Stande wäre, an Masse ab. Die gesteigerten Wasserverluste veranlassen unter allen Umständen Durst; Hungergefühle stellen sich aber nur nach mässigeren Anstrengungen ein; übergrosse Ermüdungen bringen sogar die Esslust herunter. Die Absonderungen der Verdauungssäfte erfolgen im erstern Fall reichlicher, die Darmperistaltik ist gesteigert; auch soll die Gallenabsonderung als unmittelbare Folge der Bewegung vermehrt sein. Die

Resorption ist während der Muskelthätigkeit gesteigert; vergiftete Thiere zeigen früher krankhafte Symptome und sterben schneller, wenn sie zum Umhergehen genöthigt werden, als wenn sie sich ruhig verhalten.

677. Anhaltend bewegtes Leben.

Die mit habituellen körperlichen Anstrengungen verbundene Lebensweise bietet, gegenüber dem wenig bewegten Leben, folgende Unterschiede: 1) Die erhöhten Ausgaben fordern und ermöglichen eine entsprechende Vermehrung der Zufuhren; die Verdauung ist kräftiger, das Verlangen nach derber, nahrhafter Kost grösser. Menschen mit wenig Bewegung haben einen geringeren Appetit, sie verdauen langsam und Schwerdauliches nur unvollständig; die Resorption aus dem Nahrungsschlauch ist verzögert, die Fäcalentleerung erfolgt weniger regelmässig. 2) Die Muskeln sind voluminöser, blutreicher, derber, entschieden leistungsfähiger, der gesammte Ernährungszustand und das Aussehen blühender als bei sitzender Lebensweise. In Zusammenhang damit stehen vielfach auch die psychische Stimmung influirende Gemeingefühle, eine Euphorie, die der wenig sich Bewegende nicht kennt, in welchem eine gewisse Reizbarkeit des Körpers und der Gemüthsstimmung ziemlich häufige Erscheinungen sind. 3) Dem während der Bewegung oder sonstigen Muskelanstrengung stark gesteigerten Stoffwechsel folgt eine beträchtliche Minderung nach in den Stunden der Ruhe. Die Funktionen des körperlich arbeitenden Menschen zeigen somit grosse Differenzen ihrer Energieen im Verlauf eines Tages; daher das grössere Schlafbedürfniss, der tiefe und ruhige Schlaf und die entschieden grössere restaurirende Wirkung desselben. 4) Die sog. insensibelen Körpergewichtsverluste (durch Lungen und Haut) überwiegen bei Weitem die Urinmenge; schon bei einer mittleren Lebensweise verhält es sich umgekehrt (s. 269); bei vorwaltend ruhigem Leben treten die unmerklichen Körperverluste noch viel mehr zurück. Wird die tägliche Harnmenge = 10 gesetzt, so ist in Tagen starker Arbeit der insensibele Verlust = 13, an vollkommen ruhigen Tagen aber nur 4 (Speck). 5) Die Fettablagerung ist bei bewegtem Leben viel geringer als beim ruhigen.

Der gehörige Gebrauch der Muskeln, namentlich die Bewegung im Freien ist von jeher als eines der ersten diätetischen Hülfsmittel bei der Behandlung nicht weniger Krankheiten angesehen worden. Die anderweitigen Wirkungen des anhaltend bewegten Lebens können aus den früheren Paragraphen erschlossen werden; nur sei noch angedeutet, dass die Sexualentwicklung später erfolgt bei bewegtem Leben, in welchem auch der Menstrualfluss geringer zu sein pflegt.

Will man den Einfluss der Körperbewegung als solcher, also die unmittelbaren constitutionellen Wirkungen der Muskelthätigkeiten untersuchen, so darf die Versuchszeit nicht über die Dauer der Bewegung selbst hinausgehen. Wird dagegen die Arbeits- und Ruhezeit einer ganzen täglichen Periode zusammengefasst, so verdeckt die letztere die Wirkungen der Muskelanstrengungen zum Theil. Die Forscher haben diesen Verhältnissen nicht immer Rechnung getragen. Das Studium der physiologischen Wirkungen des anhaltend bewegten Lebens verlangt, dass die Versuchsperson schon vorher längere Zeit in der entsprechenden Richtung gelebt und dadurch seine Funktionen in einen, diese Verhältnisse erst gehörig charakterisirenden Beharrungszustand gebracht hat. Die meisten Forschungen begnügten sich dagegen mit kurzen Versuchsperioden eines bloss vorübergehend bewegten Lebens.

678. Einflüsse der Körperstellung.

Die Lage und Stellung des Körpers verändert einige Specialphänomene in auffallender Weise; vor allem die Herzbewegungen (Bryan Robinson). Nach Guy beträgt die mittlere Pulsfrequenz beim Liegen 66, Sitzen 71 und Stehen 81 Schläge. Ausnahmen von diesen Durchschnittsnormen sind freilich nicht selten, so namentlich Individuen, bei welchen die Pulsfrequenz durch die Körperstellungen nicht wesentlich alterirt wird. Die Ursache der Beschleunigung bei verticaler Stellung liegt vielleicht in einer kleinen Verschiedenheit der Form des Herzens, welche ihrerseits wieder auf die Contractionen von Einfluss sein könnte; ferner in einer Zunahme der Widerstände der arteriellen Blutsäule, ganz besonders aber in der Steigerung der Muskelthätigkeit. Der Puls ist in der That frequenter, wenn man frei steht, als wenn man sich an eine Wand anlehnt.

Die Athembewegungen sind beim Liegen seltener als beim Stehen; im Neugeborenen ist dieser Einfluss besonders gross, indem derselbe bei vertikaler Körperlage etwa um $^1/_3$ häufigere Athemzüge vollführt. In vertikaler Stellung können die Lungen sich stärker füllen, entsprechend dem nunmehr gesteigerten Respirationsbedürfniss. Hutchinson erhielt folgende Werthe in C.C.M. für die Vitalcapacität: beim Stehen 4264 — Sitzen 4182 — Liegen 3772. Nach Wintrich sind die Differenzen verhältnissmässig am grössten in minder kräftigen Menschen. Den Einfluss der Körperstellungen auf die geathmeten Luftvolume s. 674. Die Wärmeproduktion ist geringer beim Liegen, wir frieren dann auch viel leichter, als wenn wir stehen.

B. Der verdauende Organismus.

679. Blut und Blutlauf.

Während der Verdauung (wir haben zunächst vorzugsweise die in die Mittagszeit fallende Hauptmahlzeit im Auge) geschieht die Chylusbildung energisch, die Blutmenge nimmt ohne Zweifel erheblich zu, der Körper wird überhaupt saftreicher, schwellbare Organe, namentlich die Milz, gewinnen bedeutend an Volumen; die Gewebeflüssigkeit ist vermehrt, das Lymphsystem stärker gefüllt, die Lymphdrüsen sind blutreicher und grösser. Die Zahl der Blutkörperchen in einem gegebenen Blutvolum scheint abzunehmen, das Volum der Blutflüssigkeit dagegen zu wachsen (Vierordt). Der grosse Durchmesser der Körperchen soll etwas kleiner werden, auch sollen die Körperchen unter sich stärkere Grössenabweichungen als gewöhnlich bieten (Harting). Das Verhältniss der farblosen Körperchen zu den farbigen wird nach Moleschott ungefähr verdoppelt. Der Faserstoff gerinnt langsamer; der Fett-, Salz- und namentlich Eiweissgehalt des Serums, also überhaupt die % Menge der Fixa desselben nimmt zu, ebenso der Zuckergehalt des Blutes. Das Serum ist wegen des stärkeren Fettgehalts öfters trüblich. Die Menge der festen Bestandtheile des Blutes steigt mehrere Stunden hindurch (Nasse). Reichliche Aufnahme von Getränken erhöht nach Einigen den Wassergehalt des Blutes vorübergehend ein wenig. Die Arterien sind grösser, während

der Verdauung, der der Messung am Lebenden zugängliche Durchmesser der Radialis ist von 2,3 auf 2,9 Millim. (Aberle). Der Puls ist um 8—20 Schläge frequenter, kräftiger, grösser und zugleich schneller. Schon im Säugling wird der Puls etwas häufiger während der Saugbewegungen; bei Knaben ist die Beschleunigung schon beträchtlich; in Greisen sinkt sie wiederum.

680. Ausscheidungen.

Nicht bloss die Verdauungssäfte sondern die Secrete überhaupt nehmen an Menge zu.

Die Anfüllung des Magens hindert die Thätigkeit des Zwerchfells etwas, daher ist die Vitalcapacität des Athmungsapparates nach einer stärkern Mahlzeit ein wenig gemindert. Aus derselben Ursache sind die Athembewegungen bei Manchen weniger tief, immer aber folgen sie rascher auf einander; die geathmeten Luftvolume und der gesammte respiratorische Gaswechsel nehmen bedeutend zu.

Nach der Mittagsmahlzeit werden in der Minute etwa $1\frac{1}{5}$ Athemzüge mehr gemacht, über 700 C. C. M. Luft und etwa 37 C. C. M. Kohlensäure mehr ausgeathmet. Die % Kohlensäure der Exspirationsluft wird bei qualitativ und quantitativ mittlerer Kost in Erwachsenen kaum ein wenig vermehrt. Spirituosa mindern nach Prout bei leerem Magen die % Kohlensäure schnell, etwa um $\frac{1}{2}$ %. Dieser Einfluss macht sich auch bei der Verdauung der Mittagsmahlzeit in hohem Grad geltend. 1—2 Stunden nach Aufnahme der Nahrung erhielt Vierordt folgende Werthe:

	% Kohlensäure	Vermehrung der Pulsschläge	Vermehrung der absoluten Kohlens.
Mahlzeiten mit Wein	4,2 —	17	$\frac{1}{10}$
„ ohne Wein	4,5 —	13	$\frac{1}{8}$

Die Harnmenge nimmt zu; der Harnstoff beginnt, namentlich nach reicher Fleischkost, schon etwa 1 Stunde nach der Nahrungsaufnahme zu steigen, um mehrere Stunden über dem Durchschnittsmass zu bleiben (s. 727). Auch die Harnsäure ist etwas vermehrt, namentlich bei schwierigerer Verdauung und nach reichlicher Aufnahme von Spirituosen (Lehmann); die Phosphate und Sulphate nehmen ebenfalls zu, vorzugsweis bei animalischer Kost; endlich führt der bedeutende Kochsalzzusatz zu den Speisen zu einer beträchtlichen Mehrung der Chloride des Harns.

681. Anderweitige Erscheinungen.

Die Körperwärme steigt etwa um $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$° C.; sie erreicht ihr Maximum ziemlich später als der Puls. Die meisten Menschen fühlen sich unmittelbar nach der Mahlzeit minder aufgelegt zu geistigen und körperlichen Anstrengungen, offenbar zum Theil Folgen der schnell eintretenden Blutalteration, der stärkeren Blutzufuhr zum Gehirn und der höheren Körpertemperatur. Beim Erwachsenen macht sich das Bedürfniss der Ruhe und selbst eines kurzen Schlafes geltend. Stärkere körperliche Anstrengungen werden nicht gut er-

tragen, wogegen mässige Bewegung vortheilhaft wirkt, indem sie die Resorption und somit auch die Einwirkung der Verdauungssäfte auf das noch nicht Verdaute befördert.

Die Wirkungen des Verdauungsaktes auf den Organismus hängen von vielen Nebenbedingungen ab. Besonders sind hervorzuheben: 1) Qualität und Quantität der Nahrung. Reichliche Zufuhren, namentlich schwerverdaulicher Speisen nehmen die Verdauungsthätigkeit und somit auch den Organismus stärker in Anspruch. 2) Lebensalter (s. 639). 3) Kräftezustand. Die Körperfunktionen werden durch die Verdauung in Menschen von schwächerer Constitution relativ viel mehr aufgeregt als bei Robusten. 4) Sehr merkwürdig ist der Einfluss der Tageszeiten, wie in 731 gezeigt wird.

Die wichtigsten constitutionellen Wirkungen des Hungerns wurden schon in 271—274 betrachtet.

C. Menstruation.

682.

Die wesentlichsten, den Menstrualfluss begleitenden Vorgänge in den inneren Genitalien wurden in 509 betrachtet. Der Blutandrang zu den Beckenorganen, vor allem die bedeutenden, im Uterus ablaufenden Processe (s. 544) veranlassen Gefühle von Zerren, Abwärtsdrängen, oder erhöhter Wärme in Beckengegend. Auch die Brüste, welche blutreicher werden und etwas anschwellen, sind öfters der Sitz leichter spannender oder stechender Sensationen.

Der Puls ist frequenter, manchmal auch unregelmässig, der Herzstoss kräftiger; die Athemzüge sind beschleunigt, die Perspiration bietet häufig einen eigenthümlichen Geruch. Der Appetit kann gemindert oder merklich gesteigert sein. Das Abdomen ist etwas aufgetrieben, flüchtige kolikartige Schmerzen stellen sich manchmal ein. Die Harnstoffproduktion soll nach Beigel sinken, um nach beendeter Blutung wieder zuzunehmen. Die Urinausleerung erfolgt häufiger, auch ist sie dann und wann mit leichten Schmerzen verbunden. Die Ernährung ist vorübergehend etwas beeinträchtigt; die Haut blässer, gedunsener, im Blut nimmt die Zahl der farblosen Körperchen gegenüber den farbigen fast um das Doppelte zu (Moleschott). Die Stimme kann einen rauheren Klang zeigen; die Schilddrüse wird etwas voluminöser. Die Leistungsfähigkeit der Muskeln nimmt ab, die Gesichtszüge sind schlaffer, das Auge matter, die Netzhaut ist empfindlicher und Flimmern vor den Augen eine häufige Erscheinung; das Schlafbedürfniss nimmt zu; subjective Hitzegefühle abwechselnd mit Frösteln, Eingenommenheit des Kopfes, Unlust zu grösserer geistiger Anstrengung und eine gewisse psychische Reizbarkeit kommen nicht selten vor.

Der Menstrualprocess besteht somit zunächst in einer bedeutend gesteigerten Thätigkeit der Genitalien. Seine constitutionellen Begleiterscheinungen, die Veränderungen des Stoffwechsels und die mehr oder minder auffallenden Nerven- und Muskelsymptome dürfen nicht bloss als Reflexe und einfache folgenlose Mitaffektionen des Gesammtkörpers an jenen localen Processen zu betrachten sein. Wahrscheinlich haben dieselben irgend

eine, im Speciellen freilich noch unbekannte, vorbereitende, das Gleichgewicht zwischen der gesteigerten Uterinthätigkeit und dem übrigen Organismus vermittelnde Bedeutung für die Periode der Schwangerschaft. In kräftigen Frauen sind übrigens diese Symptome intensiv und extensiv viel weniger entwickelt. Für eine eingreifendere Bedeutung dieser konstitutionellen Körperzustände unter allen Umständen spricht aber die entschieden grössere Erkrankungsfähigkeit des Körpers während der Menstrualperiode.

D. Schwangerschaft.

683. Vorbemerkungen.

Die physiologischen Eigenthümlichkeiten des schwangeren Organismus zerfallen in folgende Categorien: 1) Oertliche Processe in den Genitalien selbst. Diese wurden in 525, 544 und 547 betrachtet. 2) Die allmälige Vorbereitung der Brüste zum Säugen. Dieselben werden blutreicher, voluminöser, fester, und bilden allmälig (s. 534) kleine Mengen eines Secretes. Die Warze wird länger, der Warzenhof grösser und die Talgdrüsen desselben entwickeln sich stärker. 3) Die unmittelbar mechanischen Einwirkungen des ausgedehnten Uterus auf die Nachbarorgane. 4) Die übrigen konstitutionellen Erscheinungen.

In vielen Thieren tritt nach der Empfängniss eine, weitere Begattungen unmöglich machende Abneigung der Weibchen gegen die Männchen ein. Beim menschlichen Weibe verräth sich die Empfängniss in der Regel durch keine auffallenden oder überhaupt nur irgend sicheren Symptome, obschon für manche Individualitäten bestimmte, in der grossen Mehrzahl der übrigen Frauen vollkommen gleichgültige Erscheinungen einen gewissen Werth als frühe Schwangerschaftszeichen haben. Empfindungen von Wärme, Völle und Druck im Unterleib, ferner Eckel, Uebelkeit oder selbst Brechen gehören zu den verhältnissmässig am häufigsten auftretenden Erstlingssymptomen. Für die grosse Mehrzahl gesunder Frauen ist aber erst das Ausbleiben der Menstruation das zunächst zuverlässigste Zeichen einer beginnenden Schwangerschaft.

Die konstitutionellen Symptome sind gewöhnlich stärker in der ersten Hälfte der Schwangerschaft, ferner bei zum erstenmal Schwangeren, namentlich aber in schwächlichen Frauen. In der spätern Schwangerschaftszeit wird aber auch der kräftigste Organismus durch die mechanischen Wirkungen des Uterus mehr oder weniger afficirt.

684. Druck des Uterus auf die Nachbartheile.

Die bedeutende Volumvermehrung der Gebärmutter verändert mehr oder weniger die Funktionen der Nachbarorgane; die Nachgiebigkeit der Hypochondrien und der Bauchhaut, welche unter Umständen eine starke Verdünnung erleidet (Litzmann), gestattet aber eine beträchtliche Raumvergrösserung der Bauchhöhle, wodurch tiefgreifenderen Druckwirkungen vorgebeugt ist, und das um so mehr, als die Ausdehnung des Uterus nur allmälig erfolgt. Die Unterleibseingeweide erfahren bedeutende Lageveränderungen; die Dünndärme, später auch der Quergrimmdarm und Magen, werden nach oben und hinten gedrängt. Der Druck des Uterus auf den Mastdarm und untern Dünndarm führt

nicht selten zu Erschwerungen des Stuhlganges, Verstopfung u. s. w. Der Druck auf den Körper der Harnblase veranlasst namentlich in der letzten Schwangerschaftszeit häufigere Harnentleerungen; dagegen tritt Harnverhaltung durch Druckwirkungen auf den Blasenhals nur selten auf. Der Druck auf die Lenden- und Sacralnerven führt zu Gefühlen von Taubheit und Ameisenlaufen, sowie zu Krämpfen in den untern Extremitäten und zu erschwerter Beweglichkeit derselben. Endlich ist auch der Rückfluss des Venenblutes aus den untern Extremitäten, äusseren Genitalien, Mastdarm, Harnblase etwas erschwert; daher unter Umständen selbst bedeutende Lumenzunahmen in diesen Gefässprovinzen, sowie dann und wann leichte seröse Ausschwitzungen in das Unterhautzellgewebe der untern Extremitäten.

685. Blut und Blutlauf.

Das Blut der Schwangeren hat meistens eine dunklere Färbung und ein geringeres specifisches Gewicht; doch scheint letzteres in der späteren Zeit wieder zu steigen. Der Gehalt an Haematoglobulin, Eiweiss und unorganischen Bestandtheilen nimmt ab; nach Einigen sollen die Blutkörperchen später wieder zunehmen. Das Fett wird etwas, der Faserstoff, namentlich in den spätern Monaten, nach Nasse erheblich vermehrt. Eine blutkörperchenfreie, helle Schicht (sog. Crusta) an der Oberfläche des Blutkuchens kommt ziemlich häufig vor. Die Blutmenge ist ohne Zweifel öfters vermehrt; das Herz zeigt in den spätern Perioden eine sichtliche Vergrösserung. Die Herzschläge sind frequenter, ausgiebiger, auch wohl unregelmässig; namentlich kommen vorübergehende Steigerungen der Herzthätigkeit, verbunden mit Herzklopfen und stärkerer Blutfüllung einzelner Organe, nicht selten vor. Die Blutvertheilung ist wesentlich verändert, die Beckenorgane erhalten grosse Blutmassen zugeführt, die untern Extremitäten sind blutreicher als gewöhnlich.

686. Ausscheidungen.

Das Athembedürfniss ist gesteigert; die Kohlensäureproduktion nimmt zu (Andral und Gavarret), die Körpertemperatur dagegen zeigt keine merkliche Veränderung. Das Herabsteigen des Zwerchfells wird zunehmend erschwert, ohne dass übrigens das Athemholen eine Beeinträchtigung erfährt. Die Brusthöhle vergrössert sich nämlich besonders in die Breite; die an Zahl zunehmenden Athembewegungen sind thoracische; die Vitalcapacität ist nicht gemindert, ja sogar vermehrt (Küchenmeister).

Die Menge der festen Bestandtheile des Harnes nimmt ab (Becquerel). Ein merkliches Sinken des, zum Aufbau der Knochen des Fötus wichtigen phosphorsauren Kalkes scheint nicht stattzufinden. Vom Harnstoff wird eine Abnahme behauptet. Der Harn ist weniger als sonst zur sauren Reaction geneigt, auch geht er, wegen seines erhöhten Wassergehaltes, leichter in alkalische Gährung

über; diese wird unterstützt durch Beimischungen von Schleim aus der Scheide. Produkte der alkalischen Harngährung kommen desshalb im gelassenen Harn häufig vor (Lehmann), namentlich ein aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia und mikroscopischen Pilzen bestehendes, irisirendes Häutchen auf der Oberfläche des Harnes, welches man früher mit Unrecht als ein Schwangerschaftszeichen betrachtete. Wegen des erschwerten venösen Rückflusses aus der Niere können sogar kleine Mengen Eiweiss in den Harn Hochschwangerer übergehen.

687. Ernährung und Stoffwechsel überhaupt.

Zuverlässige, auf nur einigermaassen breiteren statistischen Unterlagen beruhende Erfahrungen über die Ernährung und den Gesammtstoffwechsel in den Einzelperioden der Schwangerschaft fehlen durchaus. Die Ausfüllung dieser empfindlichen Lücke ist im theoretisch-physiologischen Interesse nicht minder wünschenswerth als im praktisch-medicinischen. Im Allgemeinen findet eine Steigerung des Gesammtstoffwechsels statt, wie schon die Appetitvermehrung in den meisten gesunden Schwangeren beweist. Wir haben aber nicht einmal über die teleologische Nöthwendigkeit dieser Erscheinung eine genauere Vorstellung, weil die Intensität des fötalen Stoffwechsels nicht näher bekannt ist (s. 590). Das Plus von Zufuhren kommt nicht bloss dem Fötus und Uterus, sondern wohl auch anderen Organen der Mutter zu gut. Jedenfalls erleiden die Einzelprocesse des Stoffumsatzes, namentlich auch in ihren proportionalen Intensitäten, eingreifende Veränderungen. Die in manchen Fällen fehlende oder doch nur geringe Abmagerung von Schwangeren bei anhaltend herabgesetztem Appetit oder bei habituellem Erbrechen bald nach dem Essen, ist eine bemerkenswerthe Erscheinung. Häufig wurde die Ansicht ausgesprochen, dass das gesteigerte Uterinleben den Stoffumsatz in den übrigen Organen beeinträchtigen müsse, eine Behauptung, welche trotz vieler Uebertreibungen, wenigstens für gewisse Funktionen Manches für sich hat. Die Haare fallen leichter aus; in der spätern Schwangerschaftszeit magern manche Theile, namentlich des Oberkörpers, merklich ab; in noch nicht ausgewachsenen Schwangeren soll das Längswachsthum vorübergehend stille stehen, ja dasselbe soll sogar auch nach beendeter Schwangerschaft eine Minderung oder völlige Hemmung erleiden können. Frühzeitige oder schnell auf einander folgende Schwangerschaften vereiteln die Ausbildung einer kräftigen Körperkonstitution und sind die Ursache einer geringeren Lebensdauer der Nachkommenschaft.

Von relativ häufigeren Specialerscheinungen sind etwa hervorzuheben die stärkere Pigmentablagerung auf der Haut, namentlich dem Warzenhof, längs der Linea alba des Bauches und in der Genitalgegend, sowie das Hervortreten von Sommersprossen und sog. Leberflecken im Gesicht. An der Innenfläche des Schedeldaches entstehen öfters Ausschwitzungen, welche ossificiren und zu röthlich gefärbten, Groschen- bis Thalergrossen, $^1/_6$—$^1/_2$ Linie und darüber dicken Blättchen sich umwandeln, den sog. Osteophyten (Rokitansky).

688. Muskel- und Nervensystem.

Durch die Ausdehnung des Uterus wird der Schwerpunkt des Körpers weiter nach vorwärts und abwärts verlegt, daher das auffallende Rückwärtshalten des Oberkörpers beim Stehen und Gehen. Der Gang der Schwangeren ist desshalb, sowie wegen der um etwa $^{1}/_{10}$ vermehrten Körperlast und der sonstigen Beeinträchtigung der Muskeln der unteren Extremitäten, etwas unsicher und schwankend.

Das Gemeingefühl erleidet vielfache Veränderungen; doch bieten die hieher gehörigen Erscheinungen bei verschiedenen Frauen zahlreiche Abweichungen, sowie sie auch in demselben Organismus durch ihre Wandelbarkeit ausgezeichnet sind. Vollkommene Euphorie kommt selbst bei den gesündesten und kräftigsten Hochschwangeren kaum vor. Kopf- und Zahnschmerzen, Müdigkeitsgefühle, Schwindel, Ekel, Sodbrennen und subjective Sinnesempfindungen bilden ziemlich häufige Erscheinungen. Der Schlaf ist öfters gestört. Es tauchen Gelüste nach pikanten Speisen, in einzelnen Fällen selbst nach Kalk, Erde und andern ungeniessbaren Dingen auf, oder es besteht eine entschiedene Abneigung gegen gewisse Gerüche, ja selbst gegen Speisen, die sonst besonders gern genossen wurden. Endlich ist die Gemüthsstimmung, im nächsten Zusammenhang mit den genannten Erscheinungen, mehr oder minder verändert, leicht wechselnd, reizbar, launenhaft und überhaupt mehr zu Gefühlen der Unlust, zu Trauer und Schwermuth geneigt; ja sogar die höheren intellectuellen Vermögen erleiden nicht selten eine gewisse Beeinträchtigung.

E. Geburt.

689. Die Erscheinungen im Allgemeinen.

Die den (in 531 beschriebenen) Geburtsakt begleitenden und je nach den Individualitäten, der Dauer der Geburt u. s. w. intensiv und extensiv vielfach variirenden, constitutionellen Vorgänge und Symptome zerfallen in folgende Kategorien: 1) Die, verhältnissmässig untergeordneten, mechanischen Wirkungen der vorliegenden Kindestheile auf die Nachbarorgane der Geburtswege. Während der Wehen können Urin und Koth hervorgepresst werden; der Druck auf die grössern Nervenstämme kann in einzelnen Fällen Taubheit, Eingeschlafensein, Schmerzen, Zittern und Krämpfe der untern Extremitäten veranlassen. 2) Die Thätigkeiten der auxiliären Muskeln, welche die Contractionen des Uterus begleiten. 3) Die übrigen konstitutionellen Erscheinungen. Dieselben sind von den Wehenschmerzen vorzugsweis abhängig und stehen folglich zu denselben in einem durchschnittlichen proportionalen Verhältniss.

Schon vor dem beginnenden eigentlichen Geburtsakt stellt sich häufig eine Reihe von Symptomen ein, wie öfterer Harndrang, Ziehen in der Lenden- und

Schoossgegend, leichte Vermehrung des Pulses, eine gewisse körperliche und geistige Unruhe u. s. w. Der Fortgang und die Rythmik der konstitutionellen Erscheinungen während der Geburt hängen ab: 1) von der Periodicität der Contractionen und Erschlaffungen des Uterus, (während der Wehen findet eine Steigerung, in den wehenfreien Pausen ein Nachlass der begleitenden Symptome, eine verhältnissmässige Ruhe statt); und 2) von der allmälig zunehmenden Intensität der Uterusthätigkeit und des sonstigen localen Geburtsvorganges überhaupt. Nachdem dieselbe während der Austreibung des Kindes ihren Höhepunkt erreicht hat, tritt bald darauf, als nothwendige Folge der Erschöpfung ein bedeutender Nachlass ein, körperliche und geistige Ruhe, verbunden mit dem Gefühl einer grossen Erleichterung; die ganze Haut kommt in vermehrte Transspiration, Puls und Athemzüge beruhigen sich und es stellt sich häufig ein kurzer aber erquickender Schlaf ein.

690. Specialerscheinungen.

Die wichtigsten konstitutionellen Veränderungen im Organismus der Gebärenden sind folgende. Die Thätigkeit vieler **Muskeln** ist während der Wehen gesteigert; die Extremitäten werden zur Gewinnung einer festen Unterlage kräftig angestemmt; die Bauchmuskeln (sog. Bauchpresse) kommen in energische Contractionen, welche die pressende Kraft des Uterus einigermassen unterstützen können; der Athem wird nach vorausgegangener tiefer Inspiration angehalten, so dass das Zwerchfell dem Drucke der Bauchpresse nicht nachzugeben braucht. Anfangs kann dieses Mitpressen vom Willen vollständig beherrscht werden, bei den heftigsten Wehen aber erfolgt es durchaus unwillkührlich. Die starke Innervation zahlreicher Skeletmuskeln dient auch als Erleichterungsmittel der Schmerzen.

Die **Athembewegungen** sind hastig, oberflächlich, unregelmässig. Das Athemanhalten stört den Blutlauf, desshalb schwellen während heftiger Wehen die Venen des Antlitzes und Halses an, das Gesicht wird geröthet, die Augen glänzend und prominirend, Thränen treten häufig, Schweiss, namentlich in den obern Körpertheilen, immer hervor.

Im Verlauf der Geburt wird der **Puls** frequenter, die Resistenz der Arterien nimmt zu, deren Lumen aber ab; nach der Geburt werden die Arterien weicher und die Pulsschläge seltener. Die Pulsfrequenz steigt nach **Martin** und **Mauer** während jeder Wehe, erreicht ihr Maximum mit der Acme der Wehe und nimmt von da an wieder ab. Das Maximum verhält sich zu dem, der Wehe unmittelbar vorangehenden, Minimum etwa wie 7—9 zu 5—6.

Bei Wehenschwäche hebt sich die Pulsfrequenz nur unbedeutend, in tumultarischen Wehen aber besonders stark. Die Chloroformnarkose löscht nach **Martin** den Pulsunterschied zwischen Wehen und Wehenpause aus. Die Erscheinung ist somit auf die Wehenschmerzen vorzugsweis zurückzuführen.

Manche Symptome, wie Zunahme der Körpertemperatur, Uebelkeiten, Aufstossen, Brechen, dürften ihre entfernte Veranlassung wiederum in den **Schmerzen** theilweis haben. Die letzteren führen zu Zittern der Glieder, Wimmern,

Schreien. Heftige Wehen können das Antlitz fast bis zum Unkenntlichen verändern, Sinnestäuschungen und selbst vorübergehendes Irrereden veranlassen. Die Schilderung der eingreifendern pathologischen Steigerungen dieser und anderer Symptome muss hier ausgeschlossen bleiben.

F. Wochenbett und Lactation.

691. Wochenbett.

Während in der Schwangerschaft der Organismus der Frau nur allmälige Veränderungen erfährt, geschehen die Revolutionen im Körper der Puerpera sehr rasch. Der Puerperalzustand stellt somit ein besonders merkwürdiges Beispiel dar, wie sehr der weibliche Organismus — zum grossen Unterschied vom männlichen — befähigt ist, wesentliche und tiefgreifende Veränderungen in dem gegenseitigen Verhältniss mehrerer wichtigen Organe und Funktionen zu ertragen.

Die im Verlauf des Wochenbettes in den Genitalien selbst vor sich gehenden Processe sind in 532, die Milchsekretion in 533—536 sowie in 692 abgehandelt.

Abgesehen von diesen fundamentalen Vorgängen bietet die Wöchnerinn folgende konstitutionelle Erscheinungen. Die Entleerung des Uterus verursacht eine rasche Volumabnahme des Abdomens, die Bauchwand ist schlaff, die Kraft ihrer Muskeln vorübergehend beeinträchtigt; mit Unrecht aber nahm man eine stärkere Blutzufuhr zu den Abdominalorganen an als nothwendige Folge der Entleerung des Uterus. Dagegen ist die Blutzufuhr zu den Brustdrüsen bedeutend vermehrt. Sogenannte Nachwehen, veranlasst durch Contractionen des Uterus stellen sich, mehrere Tage hindurch, von Zeit zu Zeit ein, besonders gern beim Anlegen des Kindes und in solchen, die mehrmals geboren haben.

Die Haut ist mehrere Tage hindurch in hohem Grade geneigt zur Bildung von Schweiss, welcher einen eigenthümlichen Geruch annimmt. Die während der Schwangerschaft in ihr abgelagerten Pigmente beginnen zu schwinden. Der grössere Blutreichthum und die stark erhöhte Thätigkeit der Haut sind Ursache einer gesteigerten Reizbarkeit derselben und einer grössern Empfindlichkeit des Körpers gegen Kälteeinflüsse. Der Harn ist, schon in Folge der antagonistischen Haut- und Milchsecretion, gemindert. Auch der Stuhlgang ist verzögert, die Esslust hat in den ersten Tagen bedeutend ab-, der Durst dagegen zugenommen. Die Körpertemperatur zeigt eine kleine Zunahme, der Puls ist etwas frequenter. Auch das Nervensystem befindet sich in gesteigerter Erregbarkeit, wie namentlich das nicht sehr seltene Auftreten eigenthümlicher und merkwürdiger, sensueller und psychischer, pathologischer Zustände beweist.

692. Lactation.

Am 3. oder 4. Tage nach der Geburt nimmt die schon eingeleitete Milchbildung rasch zu (s. 534), die Brüste werden gespannt, es stellen sich leichte

Stiche, ja selbst Schmerzen, in denselben ein; der Puls beschleunigt sich. Wenn diese Erscheinungen stärker hervortreten, die Achseldrüsen etwas schwellen, die Körpertemperatur zunimmt, subjective Hitze- und Schaudergefühle, Mattigkeit und Appetitlosigkeit sich einstellen, so nennt man diesen Zustand Milchfieber. In der Regel verschwinden die Erscheinungen, die in kräftigern Individuen überhaupt minder ausgeprägt zu sein pflegen, nach 24 Stunden unter Vermehrung der Perspiration, des Schweisses und der Milchsecretion selbst.

Ist die Milchbildung im gehörigen Gange, so bedingt der damit verbundene Stoffverlust ein vermehrtes Nahrungsbedürfniss; der Durst, namentlich aber der Appetit, nimmt in gesunden Säugenden bedeutend zu. Schwerverdaulichere Speisen können jedoch immer noch nicht gehörig bewältigt werden und sind desshalb zu vermeiden.

Zu lange fortgesetztes Säugen beeinträchtigt, besonders bei schwächlicheren, bei zu jungen oder schon älteren Individuen nicht nur die Gesammternährung, sondern auch die Funktionen des Nervensystems; psychische Reizbarkeit, Neigung zu deprimirenden Gemüthsstimmungen, eine Abnahme des Gedächtnisses und selbst der Urtheilskraft sind unter solchen Umständen häufige Erscheinungen. Consequent durchgeführte Versuche über den Stoffwechsel in säugenden Frauen fehlen noch.

Stillt die Frau nicht, so kehrt die Menstruation in einigen Wochen zurück. Während der Lactation hört die Menstruation auf; Ausnahmen kommen jedoch, namentlich in vollsaftigen Individuen, dann und wann vor. Tritt die Menstruation nach längerem Säugen wieder ein, so wird die Milch sparsamer, aber die % Menge der Fixa nimmt nicht ab, die Fette und namentlich das Casein vermehren sich sogar während des Monatflusses und zeigen erst nach Aufhören desselben ihre früheren Werthe (Vernois und Becquerel). Tritt der Menstrualfluss reichlich ein, so schwindet die Milchsecretion oft rasch.

Während des Säugens ist die Frau viel weniger zur Empfängniss geneigt; es gibt übrigens Fälle von Conception sogar schon wenige Tage nach der Geburt. Die beginnende Schwangerschaft vermindert sogleich die Secretion der Brustdrüsen, die Milch wird mehr colostrumartig und hört bald ganz auf.

G. Schlaf.

693. Allgemeine Charakteristik.

Der Schlaf unterscheidet sich vom Wachsein vorzugsweise durch das Zurücktreten oder selbst eine völlige Suspension der Aeusserungen des Bewusstseins; die äussern Sinne setzen ihre specifischen Funktionen aus, die willkührlichen Bewegungen fehlen und der gesammte Stoffwechsel erfährt eine erhebliche Minderung. Es gibt zahlreiche, namentlich pathologische Zustände, die einige oder selbst viele Symptome und äussere Charaktere mit dem normalen Schlaf gemein

haben; gleichwohl sind dieselben (z. B. Schlafwandel, Delirium, Narcotismus, Ohnmacht, Scheintod), sowohl ihrer inneren Natur als ihren Veranlassungen nach, vom normalen Schlaf wesentlich verschieden.

Man unterscheidet den tiefen, ruhigen, in der Regel länger dauernden, und den leisen, unruhigen Schlaf. Ausserdem zeigt auch während derselben Schlafperiode das somatische und geistige Leben wesentliche Unterschiede. In den ersten Stunden nämlich ist der Schlaf am tiefsten und weil die Energie der Funktionen am Meisten abgenommen hat, auch vorzugsweis erquickend. In der 2. und 3. Stunde sind die meisten Verrichtungen auf ihrem Minimum angelangt; von da an nimmt der Schlaf an Intensität und damit auch das weitere Schlafbedürfniss allmälig ab. Die Dauer und Tiefe des Schlafes hängt, abgesehen von zahlreichen Einflüssen der Lebensweise, der namentlich auch hier besonders grossen Macht der Gewohnheit, sowie nicht näher gekannten individuellen Verhältnissen, ganz besonders vom Lebensalter (s. 644) ab.

694. Einschlafen.

Der Uebergang in den Schlaf erfolgt sehr viel langsamer und allmäliger als das Aufhören desselben. Man fühlt sich müde, das Auge verliert seinen Glanz, seine Befeuchtung nimmt ab, die Gesichtszüge erschlaffen, der Kopf wird nicht mehr gehörig getragen, bestimmte Muskeln veranlassen specifische Gefühle, so namentlich der seine Wirkung versagende Heber des oberen Augenlides und wohl auch andere äussere Augenmuskeln. Die Theilnahme für die Umgebung nimmt ab, die sinnlichen Eindrücke werden wenig beachtet und die Vorstellungen zunehmend schwächer, zusammenhangloser, traumhafter. Die Wärmeerzeugung ist gemindert, die Empfindlichkeit der Cutis für Temperaturen sinkt, der Druck der Umgebungen wird nicht mehr gehörig empfunden, wir glauben oft mehr auf der Unterlage zu schweben als auf derselben zu lasten. Das Bewusstsein der Lage unserer Glieder ist auffallend beeinträchtigt, wodurch eine Reihe eigenthümlicher Erscheinungen bedingt wird, wir fühlen z. B. unseren Körper viel zu lang, oder einzelne Extremitäten gar nicht u. dergl. Verhältnissmässig am längsten wahren das Gehör und der Tastsinn beim Einschlafen ihre Integrität.

695. Erwachen.

Das Erwachen geschieht am wenigsten leicht während der ersten Stunden des Schlafes und ist dann häufig von Schwere des Kopfes, Müdigkeit und andern lästigen Gemeingefühlen, verdriesslicher Stimmung, Unfähigkeit zu anhaltendem Denken, Empfindlichkeit der Sinne, namentlich des Auges begleitet. Diese Erscheinungen stellen sich um so stärker ein, je grösser das Restitutionsbedürfniss des Körpers ist. Dagegen hat sich der nach dem normalen Ablauf des Schlafes Erwachte körperlich wie geistig vollkommen erholt; trotz längeren Fastens greifen keine stärkeren Hungergefühle ein, die Sinne sind geschärft und ihre Erregungen

angenehm, die Aufmerksamkeit ist gesteigert, der Gesammtzustand des Körpers, vorzugsweis der Muskeln, bedingt manchfaltige Gefühle von Wohlbehagen, man ist zu jeder körperlichen wie geistigen Anstrengung neu gekräftigt. Diese Wirkungen bleiben aber nach einem zu langen, das individuelle Bedürfniss übersteigenden Schlafe in der Regel aus.

Der Schlaf wird in seinem späteren Verlauf immer weniger fest, die Sinne werden empfindlicher, die psychischen Regungen der Träume lebhafter und deren Imperium über den Körper zunehmend grösser, die Muskelbewegungen erfolgen energischer; mit einem Wort, der ganze Organismus nähert sich allmälig den Verhältnissen, die das Wachen charakterisiren; er kommt in einen Halbschlaf, in welchem der Verkehr mit der Aussenwelt allmälig wieder angeknüpft wird, so dass das Erwachen nach den geringfügigsten äussern oder innern Veranlassungen erfolgt. Die Funktionen, namentlich die vegetativen, bieten sogleich nach Beendigung des normalen Schlafes eine auffallende Steigerung ihrer Thätigkeit; diese für den erwachten Organismus ganz charakteristische Erscheinung macht jedoch nach $^1/_4$—$^3/_4$ Stunde einem ruhigeren Ablauf der Processe Platz.

696. Ursachen des Schlafes.

Eine physiologische Theorie des Schlafes, d. h. die Darlegung nicht bloss der allgemeinen Nothwendigkeit einer periodischen Minderung der physischen und psychischen Aktionen, sondern der bestimmten Gestaltungen, welche die Funktionen des Schlafenden nach Quantitat und Qualität zeigen, ist unmöglich. Der Schlaf bietet überhaupt in der Thierwelt die grössten Verschiedenheiten; so sind z. B. schon in den beiden untern Wirbelthierklassen die Perioden des Schlafes und Wachens weniger scharf geschieden. Thiere, welche stehend schlafen, sind schon dadurch dem Zustand des Wachens viel näher gerückt und zeigen, wie viele Vögel, einen leisen Schlaf.

Zu den Einschläferungsmitteln gehören vorzugsweise geistige und körperliche Ermüdung, Minderung der äusseren Sinnesreize oder fortgesetzte monotone Einwirkung solcher (z. B. einförmige Geräusche), Kälte, starke Mahlzeiten, namentlich auch Spirituosa und gewisse Schlafmittel der Therapeuten.

Die Weckungsmittel zerfallen wiederum in innere und äussere. Zu den ersteren gehören namentlich 1) Traumvorstellungen (sehr lebhafte Träume können uns selbst aus tiefem Schlaf wecken), 2) Gemeingefühle, z. B. Schmerzen, die Gefühle bei der Ejaculatio seminis, bei stärkeren Contractionen der Sphinctermuskeln u. s. w. und 3) wohl auch plötzliche Veränderungen gewisser dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen (Herz- und Athembewegungen). Als äussere Weckungsmittel dienen die Sinnesreize, namentlich Schalle, gewisse Erregungen der Cutis und helles Licht.

Alle diese Ursachen wirken aber bloss mehr oder weniger begünstigend auf das Zustandekommen oder Aufhören des Schlafes und geben so wenig, wie

die den Schlaf verhindernden Einflüsse (heftige Sinneseindrücke, Schmerzen, grosse psychische Aufregung, gewisse Mittel wie Caffee, Thee u. dergl. über die innere Natur dieser Vorgänge Aufschluss.

Der Nachtschlaf stärkt wie die populäre Erfahrung weiss, mehr als der Tagschlaf; in ersterem ist die Puls- und Athemfrequenz und überhaupt der ganze Stoffwechsel viel geringer, der Schlaf also intenser und die Restauration vollständiger als im Tagschlaf. Am meisten begünstigt sind die Stunden vor Mitternacht, desshalb kräftigt frühes Schlafengehen auch mehr als der Morgenschlaf, in welchem die Funktionen wieder an Energie gewinnen. Menschen, welche die Nacht über regelmässig wachen und dieser Lebensweise sich accommodirt haben, sind kein Beweis, dass die Vertheilung des Schlafes und Wachens vollkommen gleichgültig sei.

697. Blutlauf und Athmen.

Die Pulsfrequenz sinkt im Schlaf beim Erwachsenen um etwa 3 bis selbst 10 Schläge. Ein Durchschnittswerth ist vorerst noch nicht anzugeben und die Vergleichung sollte nur mit der horizontalen Lage des Wachenden angestellt werden. Der Grad der Abnahme wird namentlich bedingt durch die Tiefe des Schlafes und die Lebensalter; in Kindern ist der Einfluss des Schlafes am stärksten, aber auch im Greis wird die Pulsfrequenz namhaft gemindert. Ausserdem wird der Puls kleiner und die Spannung (Blutdruck) der Arterien geringer. Die Kreislaufszeit nimmt jedenfalls erheblich zu, was wiederum zur Folge hat, dass das venöse System im Gegensatz zum arteriellen verhältnissmässig noch mehr als im wachenden Zustand gefüllt ist. Unmittelbar nach dem Erwachen werden die Herzschläge vorübergehend frequenter, ausgiebiger und kräftiger.

Die Athemzüge sind seltener (das Verhältniss zum Wachen ist etwa 3 : 4) und, vollständige Freiheit der Bewegungen und Abhaltung jedes äussern Druckes vorausgesetzt, oberflächlicher. Die Pause zwischen den einzelnen Athembewegungen sind oft lang und die Athemzüge überhaupt in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge mehr oder weniger unregelmässig. Die Diffusion der Kohlensäure ist erheblich gemindert und die Ausathmungsluft ohne Zweifel sehr reich an % Kohlensäure. Eine gewisse Venosität wurde dem Blut des Schlafenden von jeher zugeschrieben. Die absolute Kohlensäuremenge ist nach Scharling etwa um $\frac{1}{4}$ und noch mehr gesunken gegenüber dem wachenden ruhigen Zustand (Lehmann erhielt an Tauben eine Minderung von $\frac{1}{6}$); wahrscheinlich wird aber im Verhältniss zur Kohlensäure mehr Sauerstoff als gewöhnlich aufgenommen. Beim Wachen während der Nacht nimmt die % Kohlensäure der Ausathmungsluft nur wenig ab. Während des Schlafes sammelt sich nicht selten etwas Schleim auf der Respirationsmucosa an, der nach dem Erwachen durch Räuspern entleert wird. Die Athemzüge nach dem Erwachen werden frequent und tief, die Kohlensäure-Ausscheidung nimmt beträchtlich zu (Prout, Vierordt). Diese Erschei-

nung hält etwa ½ Stunde an, so dass sie nicht entfernt von der während des Schlafes im Körper angesammelten Kohlensäure abgeleitet werden kann.

698. Harnbildung.

Die Niere sondert im Schlaf erheblich weniger feste Bestandtheile überhaupt, und Harnstoff, Chlornatrium und Sulphate insbesondere aus, als in gleichen *Zeiten* während des Wachens. Besonders stark (etwa um die Hälfte oder noch mehr) ist aber die Urinmenge gemindert, so dass der Nachtharn ein viel grösseres specifisches Gewicht, eine stärkere Färbung und acidere Reaction zeigt als der Tagharn. Nur die Phosphorsäure bietet bemerkenswerthe Ausnahmen. Ihre Secretion ist in Einzelnen absolut grösser als am Tag (Kaupp u. Andere), oder die Werthe einer Tag- und Nachtstunde sind ungefähr gleich (Sick), oder, wenn dieser Bestandtheil auch Nachts abnimmt, so ist das Sinken doch lange nicht so bedeutend wie bei den übrigen Salzen. Ueber die Harnsäure fehlen umfassende directe Erfahrungen; wahrscheinlich gehorcht sie derselben Norm wie die Phosphorsäure.

Kaupp theilte bei regelmässigster Lebensweise den Urin in zwei gleiche 12stündige Perioden (der Nachtharn begann um 6 Uhr Abends, Zeit des Schlafengehens war 11 Uhr) und erhielt folgende Grammwerthe.

	Tag	Nacht	Nachtharn in % des Tagharnes.
Harnvolum (C. C. M.)	889	467	52,5 %
Fixa überhaupt	42,74	28,35	66,3
Harnstoff	18,33	14,08	76,8
Chlornatrium	12,05	4,99	41,4
Phosphorsäure	1,72	2,08	120,7
Schwefelsäure	1,03	(0,34)	(34,0)
Harnsäure	0,22	(0,30)	(136,0)

Sick erhielt in 17 Tagesstunden eine durchschnittliche Harnmenge von 2351 C. C. M.; für 7 Schlafstunden 423; also stündliche Werthe von 138 und 60. Es versteht sich von selbst, dass Lebensweise, Diät, Vertheilung der Schlafzeit, individuelle Verhältnisse u. s. w. auf den Nachtharn von eingreifendem Einfluss sind.

699. Gesammtstoffwechsel.

Der Stoffwechsel ist während des Schlafes in allen seinen Einzeltheilen gesunken und zwar wahrscheinlich so, dass die verschiedenen vegetativen Funktionen bezüglich ihrer Intensität die, dem Organismus überhaupt möglichen, relativ grösste Proportionalität bieten. Wenn sich diese Vermuthungen bewahrheiten, so wäre der wachende Zustand von vegetativer Seite charakterisirt durch eine gewisse Disharmonie und Veränderlichkeit der Funktionen, durch ein auffallendes Vorwiegen bald dieser, bald jener Thätigkeit; er würde also — wie man

sich auch schon ausgedrückt hat — gewissermassen einen erzwungenen Zustand darstellen. Die grössere Harmonie der einzelnen Phasen des Stoffwechsels würde ein wichtiges Bedingungsglied der restaurirenden Wirkungen des Schlafes abgeben.

Alle Se- und Excretionen sind gemindert; die Verdauung und Aufsaugung erfolgen entschieden langsamer. Die organischen Wärmequellen haben abgenommen, daher das grössere Bedürfniss nach Schutz gegen Abkühlung und die leichtere Geneigtheit des Körpers zu Erkältungen. Die Temperatur sinkt im Verlauf des Schlafes immer mehr und zwar um etwa $^3/_4$ bis selbst 1 Grad C. unter ihren Maximalwerth während des Wachens. Die unmerklichen Gewichtsverluste verhalten sich im schlafenden und wachenden Körper in gleichen Zeiten durchschnittlich etwa wie 1 zu 1,4. Nach dem Erwachen steigt die Temperatur ziemlich schnell; desgleichen findet eine auffallende, jedoch bald vorübergehende Steigerung des unmerklichen Körperverlustes statt (Volz).

700. Muskelthätigkeiten.

Die dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen dauern während des Schlafes in gemindertem Grade fort. Ausser den in 697 erwähnten ist namentlich auch die Peristaltik des Nahrungsschlauches erheblich verlangsamt und abgeschwächt. Die dem Willen unterworfenen Muskeln sind um so regungsloser, je tiefer der Schlaf ist. Die Rückenlage gestattet die grösste relative Ruhe, während die Seitenlage die Muskeln schon etwas mehr in Anspruch nimmt. Die Extremitäten befinden sich in mässiger Flexion, das Gesicht ist ruhig und verhältnissmässig ausdruckslos; nur die Thätigkeiten mancher Schliessmuskeln werden stärker in Anspruch genommen. Reflexbewegungen kommen im Schlafenden häufig vor. Der leisere Schlaf, namentlich aber lebhafte Träume sind von einzelnen Bewegungen der Extremitäten sowie von Veränderungen der Gesichtszüge begleitet; im starken Affekt kann der Träumende sich aufrichten und sogar das Bett verlassen. Die Zustände der Muskulatur geben unläugbar zu dunkelen Gemeingefühlen Anlass; der Schlafende wechselt die Lage seiner Glieder, wenn sie auf die Dauer unbequem wird, die durch Völle der Harnblase bedingten Muskelgefühle führen zum Aufwachen u. s. w.

701. Sinnesempfindungen.

Die Receptivität der äusseren Sinne nimmt in hohem Grade ab, doch ist der Verkehr der Sinne mit der Aussenwelt nicht vollständig aufgehoben. Der Schlafende reagirt auf Reize von einer gewissen Stärke oder von fortgesetzter Einwirkung und erwacht sogar, wenn gewohnte Geräusche, z. B. das Tiktak der Uhr, aufhören. Der Tastsinn, vor allem aber das Gehör bewahren ihre Reizempfänglichkeit verhältnissmässig am meisten. Das getrübte Bewusstsein verhindert übrigens die richtige Auffassung der Sinnesreize, so dass die Eindrücke, die der Schlafende von aussen empfängt, immer nur unvollkommen und höchstens im Stande sind, die Richtungen der Träume im Allgemeinen zu bestimmen. Die

Behauptung, dass man durch Sprechen in das Ohr von Schlafenden, die Gedanken derselben ganz bestimmten Gegenständen zulenken könne, mag höchstens für seltene Ausnahmsfälle einigermaassen begründet sein. Der Augapfel verharrt ruhig und ist nach oben und einwärts gerichtet, doch kann auch eine gerade Stellung der Augenaxen in einzelnen Fällen vorkommen. Die Pupille ist mehr oder weniger verengt (Fontana). Die Thränen- und Bindehautsecretion nimmt bedeutend ab; der Augenlidverschluss trägt übrigens zur Forterhaltung der normalen Augenbefeuchtung bei. Verhältnissmässig zahlreicher als die äusseren Empfindungen sind die Gemeingefühle im Schlaf. Dieselben können sogar einen hohen Grad von Deutlichkeit gewinnen, so namentlich die mit Pollutionen verbundenen Empfindungen, manche Muskelgefühle, Schmerzen, das Gefühl der Athemnoth u. s. w.

702. Psychische Thätigkeiten überhaupt.

Die psychischen Thätigkeiten im Schlafe äussern sich als Träume, die nicht blos der eigenen Anschauung und Erinnerung, sondern auch, freilich nur sehr fragmentär d. h. namentlich in manchen ihrer somatischen Reflexe, der Beobachtung Anderer zugänglich sind.

Vielfach wurde gestritten, ob die psychischen Thätigkeiten im Schlaf gänzlich aufhören können. Für eine ununterbrochene Fortdauer derselben glaubte man anführen zu dürfen z. B. das Vermögen Vieler, zu einer bestimmten, ernstlich vorgesezten Zeit aufzuwachen; ferner den leisen Schlaf der Mutter die ihres Kindes wartet; oder den leisen Schlaf des Furchtsamen u. s. w. Alle diese Beispiele beziehen sich aber nicht auf die intensiven Formen, denn der Schlafende gieng zu Bett mit einem ihn stark beschäftigenden, keinen tiefen Schlaf zulassenden Gedanken. Die Frage kann keine unmittelbare Beantwortung finden, wohl aber ist die Ansicht, dass die Seele deshalb fortträumen müsse und keine Continuitäts-Unterbrechung ihrer Aeusserungen erleiden dürfe, weil sonst ihre Existenz bedroht sei, entschieden zurückzuweisen. Auch hier müssen wir, mit Burdach und Purkinje von den Zuständen der freien Thätigkeit diejenigen der latenten, gebundenen unterscheiden, in welcher die Seelenkräfte nicht in den gewöhnlichen, unserem Bewusstsein allein zugänglichen Formen wirksam werden.

Den psychischen Thätigkeiten des Wachens gegenüber zeigt der Traum folgende wesentliche Unterschiede: 1) Er stellt sich immer nur unwillkürlich ein. 2) Er ist mit der Illusion verknüpft, dass wir Dinge unserer Einbildung für Wirklichkeiten halten. 3) Das Bewusstsein ist niemals ganz freithätig, in der Regel sogar in hohem Grade gehemmt. 4) Die Erinnerung an die gehabten Träume ist meistens nur sehr unvollständig und die Schätzung ihrer zeitlichen Dauer geradezu unmöglich. — Aus diesen Gründen stehen die psychischen Thätigkeiten an Intensität, Klarheit und Bestimmtheit fast ausnahmslos ausserordentlich zurück hinter ihren analogen Leistungen in dem, vom vollen Bewusstsein begleiteten wachenden Zustand. Länger fortgesezte Träume von wohl motivirtem, pragmatischem Zusammenhang der Vorstellungen gehören zu den allergrössten Seltenheiten und die

meisten Erzählungen von angeblich reellen oder gar originellen psychischen Leistungen im Traum sind mit grösster Vorsicht aufzunehmen. In der Regel bringen wir die Vorstellungen ganz oder doch theilweis in falsche, selbst völlig abentheuerliche Relationen unter sich, wir begehen die albernsten und auffallendsten Handlungen und legen selbst die objektiven Empfindungen oder Gemeingefühle meistens falsch aus und verändern dieselben phantastisch.

703. Sinnliche Vorstellungen.

Träume ganz abstrakten Inhalts giebt es wahrscheinlich nicht und es mischen sich wohl immer sinnliche Vorstellungen ein. Viele Träume sind sogar entschieden ausgezeichnet durch die Intensität und phantastische Lebhaftigkeit der sie begleitenden sinnlichen Vorstellungen (s. 624. 3.). Wie im Wachen, so sind auch hier die Vorstellungen des Seh- und Hörsinnes bei Weitem die bevorzugtesten und deutlichsten. Man sieht bizarre Gestalten, prächtige Farben, hört schöne Melodien, verschiedene Stimmen, Wechselreden der Traumgestalten u. dergl. Auch auf den Tastsinn beziehen sich nicht wenige Vorstellungen; selten aber und undeutlich sind solche des Geruchs, am seltensten die des Geschmacks. Erblindete, die nicht zu frühe erkrankt sind, träumen immer noch von lebhaften Farben und Gestalten mit der Täuschung als sähen sie dieselben; ihre Traumgestalten sollen sich angeblich nur auf solche Objecte beziehen, die ihnen bereits bekannt waren, als sie noch sehen konnten.

Die Beziehungen der träumenden Seele zu den Gemeingefühlen sind wechselseitige. Einestheils gesellen sich zu Traumvorstellungen die gewöhnlichen somatischen Folgen der betreffenden Seelenzustände. Schreckhafte Träume z. B. beengen den Athem oder bringen die Athembewegungen und vielleicht secundär auch die Herzbewegungen, sogar vollständig zum Stocken, wodurch die bekannten Schmerzgefühle des Alpdrückens veranlasst werden. Andererseits lösen aber auch Gemeingefühle mehr oder weniger entsprechende Träume aus; die Verlangsamung oder momentane Suspension der Athembewegungen z. B. führt wiederum zu den Erscheinungen des Alpdrückens; das Gefühl der Athemnoth verbleibt nicht als solches und verbindet sich mit der Traumvorstellung eines äusseren Druckes, eines auf dem Brustkorb lastenden Thieres, oder einer grossen, die Herz- und Athembewegungen hemmenden Gefahr.

H. Geistige Anstrengungen.

704. Ungehemmtes Denken.

Der wachende Mensch ist in unausgesetzter, dem Grade nach jedoch höchst verschiedener psychischer Thätigkeit begriffen. Man unterscheidet das unwillkürliche oder eine verhältnissmässig nur geringe Willensanstrengung voraussetzende Denken, im Gegensatz zu den in hohem Grade willkürlichen Formen:

dem eigentlichen Nachdenken. Die Operationen der ersten Art werden angeregt durch sinnliche Eindrücke, deren Wechsel man sich einfach hinzugeben hat, oder durch Vorstellungen, wie sie der gewöhnliche Gedankenfluss, eine halb unwillkürliche Ideenassociation mit sich bringen.

Beim eigentlichen Nachdenken dagegen gilt es, einen Gegenstand beharrlich und unausgesezt zu verfolgen, sich zu sammeln, die Aufmerksamkeit strenge zu concentriren. Diess ist aber im vollen Umfang in der Regel nur möglich einestheils unter gewissen äusseren Nebenbedingungen: Stille der Umgebung, Abhaltung heftiger Reize u. dergl., anderntheils unter der Voraussetzung bestimmter körperlicher Zustände, namentlich einer relativen Ruhe und Harmonie der organischen Funktionen selbst. Alle intensen Steigerungen des Stoffwechsels, oder das dominirende Hervortreten bestimmter Funktionen, z. B. eine angestrengte Verdauungsthätigkeit oder Muskelarbeit, wirken mehr oder weniger hemmend auf das eindringliche Denken. Viele von den das letztere begleitenden somatischen Erscheinungen, die Seltenheit der Herz- und Athembewegungen, das geringere Respirationsbedürfniss u. s. w. sind somit einfache Folgen der Ruhe der Körperfunktionen an sich, des Zurücktretens der Sinnesreize, des Mangels an stärkeren Erregungen des Organismus von aussen her, durchaus aber nicht physiologische Wirkungen des Denkprocesses als solchen. In Folge der auf ein Bestimmtes concentrirten Aufmerksamkeit können ausserdem mancherlei Sinnesempfindungen, ja selbst Gemeingefühle, wie Hunger und Durst ausfallen und überhaupt periodische Erscheinungen, z. B. Schlaf, oder besimmte individuelle Gewohnheiten, vorübergehend zurückgedrängt werden. Der Stoffwechsel wird somit durch das Nachdenken, wenigstens in der grossen Majorität seiner Einzelphasen (vielleicht in allen) gemindert; eine passende Einrichtung der Lebensweise aber, der gehörige Wechsel zwischen geistiger und körperlicher Arbeit, namentlich auch die Vermeidung einer schwerverdaulichen Kost, kann jene Wirkungen erfahrungsgemäss vollständig ausgleichen und eine kräftige Körperkonstitution mit guter Verdauung und normalem Appetite anhaltend bewahren. Dazu kommt noch, dass die mit dem ungehemmten Denken sich so gerne verbindenden psychischen Gefühle der Lust, der Befriedigung u. s. w. sammt ihren früher geschilderten somatischen Wirkungen, dem Organismus zum entschiedenen Vortheil gereichen, wie denn überhaupt der richtige Wechsel und die gehörige Mannigfaltigkeit der Thätigkeiten, der geistigen wie körperlichen, als eine Hauptaufgabe der rationellen Diätetik bezeichnet werden muss.

Unterbrechen wir das anhaltende Nachdenken, so folgen unmittelbar tiefere und häufigere Athemzüge; die Lungen waren also vorher mit einem geringeren Luftvolum von höherem % Kohlensäuregehalt gefüllt. Der frühere Modus des Athmens würde jezt nicht mehr genügen und zu Athemnoth führen; der respiratorische Gaswechsel war demnach während des Nachdenkens offenbar herabgesetzt.

705. Gehemmtes Denken.

Stösst der Fluss der Gedanken auf namhafte Hindernisse, so bleiben somatische Wirkungen niemals aus; es treten mindestens bestimmte mimische Be-

wegungen des Gesichtes, der Arme u. s. w. auf, als fast regelmässige Begleiter entweder der intenseren und schwierigeren Vorstellungen (s. 626) oder der nunmehr gerne sich einstellenden Gefühle von Unlust, Nichtbefriedigung, Verdriesslichkeit u. s. w. Die Wirkungen auf den Gesammtorganismus werden aber sehr gesteigert, wenn das Nachdenken unter fortgesetzten Hemmnissen von Statten gehen soll. Hieher gehören: 1) individuelle Zustände, ausgeprägte Gemüthsstimmungen excitirender sowohl als ganz besonders deprimirender Natur, grosse Müdigkeit des Körpers, Neigung zum Schlaf, Schmerzen, viele Krankheiten u. s. w. 2) Anhaltend fortwirkende äussere Reize, von deren, unseren Gedankengang störenden, Perception nur mittelst einer gewissen Willensanstrengung abstrahirt werden kann. Ganz besonders aber 3) die im Verlaufe des Nachdenkens selbst allmälig sich einstellende geistige Ermüdung. Eingenommenheit des Kopfes oder förmliche Kopfschmerzen sind die nächsten Folgen; dieselben hängen ab von der veränderten Blutcirculation durch das Gehirn und von der Ermüdung der stark in Anspruch genommenen Stirn- und Augenmuskulatur (s. 461). Die den Zustand begleitenden Unlustgefühle führen zu verändertem Modus des Athmens, erhöhter Pulsfrequenz, leichter Steigerung der Körpertemperatur (J. Davy), namentlich aber auch auf eine Reihe von Nachwirkungen, Müdigkeit, gehemmter Schlaf, geminderte Verdauung u. s. w.

Werden die, in 704 erwähnten diätetischen Regeln vernachlässigt, oder bestehen gewisse individuelle Dispositionen, so leidet der Körper allmälig mehr oder weniger bei einer derartigen Lebensweise; der Appetit, die Verdauungsthätigkeit und das Körpergewicht wird gemindert, das Blut ärmer an festen Bestandtheilen, das Aussehen schlecht, die Leistungsfähigkeit der Muskeln sinkt bedeutend und die Sinne, wie das Nervensystem überhaupt, befinden sich anhaltend in Zuständen einer erhöhten, die Gefühle vollkommener Euphorie fast ausschliessenden, Reizbarkeit.

Wenn irgendwo, so sind bei diesen delikaten Fragen die Versuche unter sorgfältigster Berücksichtigung aller möglichen Nebeneinflüsse anzustellen; es fehlt aber noch sehr an reinen Beobachtungen über die somatischen Erscheinungen, welche das anhaltende Denken begleiten oder demselben nachfolgen. Dieser Experimentator lässt ein angestrengtes Studium auf starke Muskelanstrengung folgen; jener spricht von der Gestaltung seiner Funktionen während des Nachtstudiums, ohne Angaben zu machen über die Wirkungen seines Schlafes oder des einfachen Ausserbettbleibens ohne gleichzeitige geistige Anstrengungen. Von einer Vergleichbarkeit, geschweige denn einer Deutung der betreffenden Angaben kann vorerst keine Rede sein.

XXXI. Körperzustände bedingt durch atmosphärische Einflüsse.

A. Lufttemperatur.

706. Vorbemerkungen.

Die Temperatur übt die tiefgreifendsten und mannigfaltigsten Einflüsse aus auf die gesammte organische Welt. Auch der menschliche Körper ist ihren Einwirkungen in hohem Grade zugänglich, zeigt aber auf der andern Seite ein grosses Accommodationsvermögen, welches ihn befähigt, in der kalten Zone wie in den Tropenländern die Integrität seiner Funktionen zu bewahren und selbst Temperaturen, welche die Körperwärme beträchtlich übertreffen, oder auf 40—50° unter den Gefrierpunkt sinken, zu ertragen. In 276 wurden die nächsten Beziehungen der Lufttemperatur zur Intensität des Stoffwechsels und der Wärmeproduktion in den, physiologisch so sehr verschiedenen, sog. warmblütigen und kaltblütigen Thieren betrachtet. Niedere Temperaturen steigern, höhere mindern den Gesammtstoffwechsel der gleichwarmen Thiere. Dasselbe gilt von den Einzelthätigkeiten, und nur wenige Organe, so namentlich die Haut und deren Anhängsel, machen eine bemerkenswerthe Ausnahme von der allgemeinen Regel. Im Folgenden handelt es sich um die Abhängigkeit der Einzelfunktionen von der Luftwärme, mit einem Wort um die Wirkungen der letzteren auf den Gesammtorganismus.

Man muss bei der Temperatur wie bei den übrigen atmosphärischen Einflüssen die anhaltenden und allmälig, z. B. in den Jahreszeiten, sich geltend machenden Wirkungen u. s. w. wohl unterscheiden von den blos vorübergehenden und plötzlichen Wirkungen jener Agentien. Wird gar der Organismus in künstlichen Versuchen extremen Graden der Temperatur, des Luftdruckes u. s. w. ausgesetzt, so treten zum Theil ganz anomale Erscheinungen auf, welche über die, uns besonders interessirenden, gewöhnlichen Wirkungen jener Einflüsse keine sicheren Aufschlüsse geben können.

707. Allgemeine Bedeckungen.

Keine organische Thätigkeit ist so direkt und in so hohem Grade abhängig von der Lufttemperatur als die Hautfunktion. Die Wärme vermehrt, die Kälte dagegen mindert die Thätigkeiten der allgemeinen Bedeckungen, und zwar so, dass dieselbe grössere Funktionsschwankungen bieten als die Mehrzahl der übrigen Körperorgane. In der Kälte circulirt verhältnissmässig wenig Blut durch die, in der Regel blasse Cutis, deren Temperatur mehr oder weniger gesunken ist. Die Gefässe der Cutis sind verengt, die ruhende Wandschicht der Capillaren hat relativ bedeutend zugenommen (Poiseuille), also auch der Widerstand den der Blutstrom zu bewältigen hat (s. 142. 4). In Folge des Hervortretens der Haarbälge bekommt die Haut eine gewisse Rauhigkeit. Die Perspiration und

namentlich die Neigung zur Schweissbildung ist bedeutend gesunken, an nackten Körperstellen ist Schweiss sogar unmöglich.

In der Wärme dagegen ist die Haut blutreicher, oft auch etwas dunkeler pigmentirt; ferner ausgedehnt, weicher, glätter; die sensorischen Thätigkeiten der Haut sind erhöht; der perspiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend zu, Schweiss tritt häufig und in grosser Menge ein. Die Secretion des Hauttalges ist viel stärker; alle Epidermoidalgebilde zeigen ein intensiveres Wachsthum. Nach Berthold wachsen die Nägel im Sommer etwa um ein Drittel schneller als im Winter. Moleschott bekam geringere Werthe; um 11 Millim. weiter zu wachsen brauchte der Nagel im Winter 102, im Sommer 88 Tage.

Genauere Angaben über die Perspirationsgrösse, namentlich über die hier vor allem in's Gewicht fallende Wasserabgabe der Cutis fehlen. Die ziemlich zahlreichen Angaben älterer Forscher über die Stärke der sog. Perspiratio insensibilis in den verschiedenen Jahreszeiten u. s. w. können nicht als zuverlässig gelten.

708. Blutlauf und Athmen.

Im Winter ist die relative Füllung des Arteriensystemes, sowie (nach J. Davy und Nasse) der Farbeunterschied zwischen dem arteriellen und venösen Blut grösser als im Sommer, auch dürfte in ersterem die relative Blutmenge, der Fibringehalt und die Summe der festen Blutbestandtheile eine gewisse Zunahme erfahren. Thiere, die Magendie in hohen Temperaturen allmälig zu Grunde gehen liess, zeigten einen geringen Fibringehalt des Blutes. Die mittlere Pulsfrequenz ist im Winter kaum etwas höher als im Sommer, die Ausgiebigkeit der Herzcontractionen und somit die in der Zeiteinheit umgetriebene Blutmasse muss dagegen in der kalten Jahreszeit grösser sein.

Viel eingreifender sind die Temperaturwirkungen auf die Respiration. Die Bewohner nördlicher Länder zeigen einen entwickelteren Thorax; im Winter ist der Blutvorrath der Lungen wahrscheinlich erheblich grösser. Mit zunehmender Kälte vermehren sich die Zahl und Tiefe der Athembewegungen, der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft, also auch das geathmete Luftvolumen und die absolute Kohlensäuremenge (Vierordt); ferner die Sauerstoffabsorption (Lavoisier und Seguin). Directe Bestimmungen der Wassergasmenge, welche vom Respirationsapparat in der kalten und warmen Jahreszeit abgegeben werden, fehlen. Geht man aus von den durchschnittlichen Feuchtigkeitsgraden, welche den verschiedenen Temperaturen der Atmosphäre entsprechen, sowie von der Annahme, dass beim ruhigen Athmen die Ausathmungsluft in der kalten wie warmen Atmosphäre auf 37° C. temperirt und mit Wassergas gesättigt sei, so kommt man zum Resultat, dass in der Wärme weniger Wasser im Respirationsapparat abdunstet, als in der Kälte.

Der Einfluss der Temperatur ist selbst bei einer mit vorwiegendem Aufenthalt im Zimmer verbundenen Lebensweise noch sehr deutlich. Theilte Vierordt seine Einzelbeobachtungen in 2 Temperaturrubriken, so ergaben sich folgende Werthe:

		Mittel der niederen Temperaturen: 8°,47 C.	Mittel der höheren Temperaturen: 19°,40 C.	Differenzen
in 1 Minute	Pulsschläge	72,93	71,29	1,64
in 1 Minute	Athemzüge	12,16	11,57	0,59
in Cub. Cent. M.	Volum einer Exspiration	548,0	520,8	27,2
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Luft in 1 Minute	6672	6016	656
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Kohlensäure in 1 Minute	299,3	257,8	41,5
	% Kohlensäure	4,48	4,28	0,2

Dass vorübergehende oder gar plötzliche Einwirkungen von Kälte und Wärme theilweis von den oben geschilderten abweichende Erscheinungen bedingen, kann nicht auffallen. Vorübergehende höhere Wärmegrade veranlassen ein mässiges Gefühl von Athemnoth, Herzklopfen, Erhöhung der Puls- und Athemfrequenz; aber auch der schnelle Uebergang in kalte Luft macht die Athemzüge beschwerlich, frequenter, unregelmässig und vermehrt die Zahl der Herzschläge.

709. Verdauung und Ernährung.

Der Appetit, die Verdauung und Resorption sind gesteigert in der Kälte; wir verdauen im Winter schneller und vollständiger; reichliche Mahlzeiten, grössere Mengen genossener Fette und Eiweisskörper, überhaupt schwerer dauliche Substanzen werden mit geringeren Beschwerden verdaut als im Sommer. In diesem haben wir, ausser gesteigertem Durst, ein instinktmässiges Verlangen nach leichterer und minder nahrhafter Kost. Der Körper ist in der kalten Jahreszeit fettreicher und nach Sanctorius schwerer (etwa um 2—3 Pfunde) als in der warmen. Liebig nimmt für den Winter ein Plus von etwa $^1/_8$ an Zufuhren an. Nach Barral verhielten sich bei einem erwachsenen Manne die Einnahmen und Ausgaben (in Grammen) folgendermaassen:

	Einnahmen.			Ausgaben.			
	Feste und flüssige Nahrung	Atmosphärischer Sauerstoff	Totalsumme	Wasser der Respiration und Cutis	Kohlensäure	Fäces und Urin	Andere Verluste
Winter	2755,0	1061,5	3816,5	1287,5	1230,9	1265,0	32,8
Sommer	2386,0	777,3	3163,3	1141,6	888,4	1099,4	33,9

Aus der Häufigkeit der Milz- und Leberleiden in den Tropenländern sowie im Sommer hat man schon oft auf Steigerung der Milzfunktionen und der Gallen-

bereitung in der Wärme geschlossen. Diese Thatsachen sind aber zu vieldeutig; directe physiologische Versuche fehlen noch.

710. Harn.

Mit zunehmender Luftwärme nimmt die Harnmenge bedeutend ab und der Urin wird — jedoch nicht im Verhältniss zur Volumminderung — concentrirter. Gewöhnlich compensirt aber das reichliche Wassertrinken das Deficit des Harnvolumens wenigstens theilweis. Dass der gesteigerte Stoffwechsel im Winter die absoluten Mengen der festen Harnbestandtheile erhöht, versteht sich von selbst; zuverlässige Mittelwerthe der Bestandtheile des Winter- und Sommerharnes, entsprechend der Verschiedenheit der Nahrungsweise in beiden Jahreszeiten, fehlen noch. Die Wirkungen der Lufttemperatur auf die Menge und sonstige Beschaffenheit des Harnes treten reiner hervor in längeren Versuchsreihen mit Tag für Tag gleicher Nahrung und sonstiger Lebensweise. Kaupp erhielt, unter letzteren Bedingungen, für ein Steigen der Luftwärme um 1° R. (vorausgesetzt dass die Temperaturextreme ausgeschlossen bleiben) eine Minderung 1) des Harnvolumens um etwa 3 % (Sick kam auf einen Werth von 3,4 %), 2) des Harnstoffes um 1/3 %, 3) des Chlornatriums um 3/4 %, 4) der Summe der übrigen Harnbestandtheile um 2 %. Nach Sick nimmt die Phosphorsäure und nach Parkes die Schwefelsäure bei höheren Lufttemperaturen nicht ab.

Ordnete Kaupp seine Versuchstage nach den Lufttemperaturen, so ergaben sich folgende 24stündige Endwerthe:

Mittlere Tagestemperatur (R°.)	Harnstoff in Grmm.	Harnvolum in C. C. M.
7,6	35,6	2430
9,6	35,1	2367
11,7	34,1	2406
14,1	33,8	2327
15,8	34,1	2218
17,6	34,2	2223
20,6	33,5	1725

Sick erhielt im Sommer bei einer mittleren Tagestemperatur von 15°,6 R. ein durchschnittliches Harnvolum von 2785, bei 12°,0 dagegen von 3097 C. C. M. Im Winter aber ist, bei vorwiegendem Aufenthalt im Zimmer, der Einfluss der Lufttemperatur auf das Harnvolum viel weniger deutlich; Sick kam zu folgenden Werthen:

Mittlere Lufttemperatur	Harnvolum in C. C. M.
— 4,2	3146
— 0,4	3373
+ 2,5	3163

711. Körperwärme.

In der Kälte sind die Wärmeverluste des Körpers viel grösser als in höheren Temperaturen (s. 276). Doch greifen mehrfache, für die Wärmeökonomie höchst wichtige, besonders von Bergmann untersuchte Compensationseinrichtungen durch, welche die Wärmeverluste in beiden extremen Verhältnissen gehörig reguliren. Die Haut, welche unter mittleren Temperaturverhältnissen etwa 87 % aller Wärmeabgaben übernimmt (s. 284), spielt hier die Hauptrolle. In der Kälte wird allzustarken Wärmeverlusten (abgesehen von den Einflüssen der Bekleidung und der diesen analogen Schutzmittel der Thiere) durch die geringere Wärme und die geminderte Blutcirculation der Cutis vorgebeugt. Daraus folgt: 1) Der Verlust an strahlender Wärme wird ermässigt, 2) die durch das (in geringerem Maass secernirte) Perspirationswasser der Haut bedingte Verdunstungskälte ist sehr gering. Dagegen wird in höheren Temperaturen der geringe Verlust an strahlender Wärme zum grossen Theil compensirt durch die bedeutende Verdunstungskälte, welche das in hohem Grad vermehrte Perspirationswasser veranlasst. Letzteres stellt nunmehr das Hauptabkühlungsmittel des Organismus dar.

Die starke Wärmeabgabe im Winter führt zu gesteigerter, der geringere Wärmeverlust im Sommer zu geminderter Neubildung von Wärme; Abfuhr und Neubildung entsprechen sich also unter allen Umständen, so dass der Körper seine Temperatur nahezu constant bewahrt. Im Sommer ist letztere nur ein Minimum, in Tropenländern etwa $\frac{1}{4}$–$\frac{1}{2}$ °C. gesteigert (J. Davy). Dagegen findet ein wesentlicher Unterschied in der Temperaturvertheilung statt: die Temperaturdifferenz zwischen der Körperoberfläche und den inneren Organen ist gross in der Kälte, gering in der Wärme.

Calorimeterversuche über die in verschiedenen Temperaturen abgegebenen Wärmemengen fehlen.

712. Muskel- und Nervensystem.

In der warmen Jahreszeit geschehen die willkürlichen Bewegungen minder kräftig als in der kalten. Die Bewohner der Tropenländer sind entschieden schwächer als die in gemässigten Climaten Lebenden; auch der Europäer verliert in der heissen Zone einen guten Theil der gewohnten Leistungsfähigkeit seiner Muskeln. Im Sommer fallen uns namentlich nach der Mahlzeit stärkere Bewegungen, ja selbst das Sprechen und Singen schwer, wogegen wir im Winter die Körperbewegung mit Vorliebe und mit Vortheil gerade in die Verdauungszeit verlegen. Die Neigung zu Reflexbewegungen und krampfhaften Affectionen ist im Sommer grösser und das Nervensystem überhaupt reizbarer, der Schlaf kürzer und weniger tief.

In höheren Temperaturen sind wir psychisch entschieden weniger aufgelegt und thätig, anhaltendes Denken strengt mehr an, das Gedächtniss ist minder frisch, das Gemüth ist reizbarer, die Affecte und Leidenschaften stärker, als in niedrigeren Temperaturen. Die grössere Häufigkeit der Selbstmorde, der Ver-

brechen an Personen, der Geisteskrankheiten, sowie mancher Affectionen des Gehirnes in der warmen Jahreszeit spricht für einen tiefgreifenden, wohl vorzugsweis durch das Blut vermittelten, Einfluss der Wärme auf die Funktionen der Nervencentren.

B. Luftdruck.

713. Vorbemerkungen.

Der Mensch besitzt den Einwirkungen des Luftdruckes gegenüber eine grosse Accomodationsfähigkeit. So sind z. B. Erhebungen im Luftballon auf mässige Höhen von keinen eingreifenden Erscheinungen begleitet, ja selbst Ascensionen auf bedeutende Höhen (Gay-Lussac, Green n. A. sind weit über 20,000 Fuss gestiegen) haben viel weniger auffallende Symptome veranlasst, als von vorneherein wohl erwartet werden durfte.

In diesem Fall, sowie auch bei der Besteigung hoher Berge, hat man es mit einem Complex veränderter Einflüsse (niedere Temperatur, Trockenheit der Luft, Muskelbewegung u. s. w.) zu thun, so dass diese Erfahrungen zu keinen reinen Aufschlüssen über die Wirkungen der Luftdruckminderung führen.

Folgende Modi der Einwirkungen des Luftdruckes sind wohl zu unterscheiden: I. Die vorübergehende starke Vermehrung oder Minderung des Luftdruckes. Am reinsten werden diese Einflüsse untersucht in eigenen grossen pneumatischen Apparaten mit künstlich komprimirter oder künstlich verdünnter Luft (Junod, Pravaz). Die Wirkungen des bis um's 4½fache künstlich verstärkten Atmosphärendruckes konnten in neuester Zeit selbst im Grossen ermittelt werden, indem Triger die comprimirte Luft in Anwendung brachte, um bei Grabarbeiten das Eindringen von Wasser zu verhindern. Analogen, jedoch minder reinen Einflüssen ist der Bergmann in tiefen Schachten und der Taucher auf dem Meeresgrund ausgesetzt. II. Der anhaltend stark geminderte Luftdruck. In den Andes Südamerika's sind Gegenden noch bewohnt, die 13—15,000 Fusse über dem Meere liegen. Die wichtigsten Effekte dieser Einwirkungen s. 222 Anmerkung.

Ueber anhaltend stark gemehrten Luftdruck liegen selbstverständlich keine Erfahrungen vor.

III. Die Verschiedenheiten des Luftdruckes an demselben Ort.

714. Vorübergehende Luftdruckverminderung.

In Folge einer bedeutenden und plötzlichen Minderung des Luftdruckes werden die peripheren Theile reicher an Blut und Parenchymflüssigkeit; die Hautvenen schwellen an; es können selbst Berstungen von Capillaren der Lippen, des Zahnfleisches, der Lungen und somit Blutungen aus diesen Theilen in einzelnen Fällen eintreten. Die Perspiration der Cutis ist stark vermehrt und es stellen sich reichliche Schweisse ein. Das Athmen ist mit einem Gefühl von Beengung verbunden, die Athemzüge sind tiefer und, sowie auch der Puls,

frequenter. Die Harnmenge nimmt bedeutend ab. Die Muskeln ermüden leichter, besonders die der untern Extremitäten, indem der geminderte Luftdruck weniger dazu beiträgt, den Schenkelkopf in der Pfanne zu halten, eine Aufgabe, die nunmehr den Schenkelmuskeln in erhöhtem Grade zufällt. Das Trommelfell wird, wenigstens anfangs, stark nach auswärts gespannt und dadurch Schwerhörigkeit veranlasst. Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, selbst Ohnmacht können in einzelnen Fällen, wohl als Folge der venöseren Beschaffenheit des Blutes und des verminderten Blutgehaltes des Gehirnes eintreten.

715. Vorübergehende Luftdruckvermehrung.

Greift eine solche in verstärktem Grade ein, so sollen die Athemzüge seltener und tiefer werden, von einem angenehmen Wärmegefühl in der Brust begleitet sein und überhaupt leichter von Statten gehen. Die Pulsfrequenz wird nicht wesentlich verändert; die Haut blutärmer, blässer, die oberflächlichen Venen schwellen ab, die Perspiration mindert sich, die Urinmenge dagegen nimmt zu. Die Muskelbewegungen erfolgen lebhafter. Die vorübergehende starke Einwärtspressung des Trommelfells setzt wiederum Schwerhörigkeit. Gefühle von Euphorie oder selbst eine gewisse psychische Aufregung sollen sich nicht selten einstellen. Ein selbst sehr stark vermehrter Luftdruck wird viel besser ertragen, als ein mässig verminderter.

Die physiologischen Wirkungen der künstlich comprimirten oder verdünnten Luft bedürfen einer erneuten Prüfung; manche ältere Angaben scheinen sehr übertrieben zu sein; in vielen Menschen fehlt sogar der obige, von Junod u. A. angegebene Symptomencomplex ganz oder doch theilweis. Auch ist es wahrscheinlich, dass die Erstwirkungen des in das Plus oder Minus stark veränderten Luftdruckes, manche Uebereinstimmungen bieten werden, z. B. Beschleuniguug des Athmens, Pulses u. s. w. Lehmann setzte Vögel und kleine Säugethiere Luftdrücken zwischen 22″—24″ aus: er erhielt ziemlich schwankende Werthe, im Durchschnitt aber bei vermindertem Druck eine geringe Abnahme der exspirirten Kohlensäure. Nach Pravaz soll die Kohlensäureausscheidung steigen bei mässig comprimirter Luft, dagegen wieder fallen bei höheren Pressionen. Nach Hoppe sterben kleine Säuger unter der Luftpumpe erst bei etwa 50 Mm., Vögel aber schon bei 120 Mm. Druck; die Thiere zeigen alsdann Gasblasen im Blut. Frösche werden unter der Luftpumpe bei einer auf nur wenige Millimeter gesunkenen Pression scheintodt, kommen aber sogar nach einem Aufenthalt von 1/2 Stunde in einem solchen Raum wieder zum Leben.

716. Die Luftdruckverschiedenheiten an demselben Ort.

Die Barometerhöhen variiren bekanntlich an demselben Ort nicht sehr bedeutend, die jährlichen höchsten und tiefsten Stände in Paris nach Bouvard um 1/18, d. h. ungefähr 1 1/2 Zolle. Demnach können auch die physiologischen Wirkungen dieser Variationen auf den Organismus keine tiefgreifenden sein, wohl aber lassen sie sich wenigstens in einer längeren Beobachtungsreihe deutlich nachweisen, sowie sie jedenfalls unter sämmtlichen Modi der Luftdruckwirkungen, weil unter allen Umständen vorkommend, praktisch die beachtenswerthesten sind.

Wurden die Einzelversuche Vierordt's in 2 Hälften getheilt, je nach den höheren oder niederen Barometerständen, so ergeben sich folgende Werthe:

		Barometerstand in par. Lin.		Unterschiede
		332''',04	337''',71	
in 1 Minute	Pulsschläge	70,9	72,2	+ 1,3
	Athemzüge	11,58	12,32	+ 0,74
in C. C. Met. reducirt auf 37°C. und 336''' Bar.	Volum einer Exspiration	528,6	529,2	0
	Ausgeathmete Luft in 1 Minute	6121	6607	+ 586
	Ausgeathm. Kohlensäure in 1 Minute	272,5	271,1	= 0
% Kohlensäure		4,45	4,14	— 0,31

Die absolute Kohlensäure bleibt also von unsern Luftdruckschwankungen unberührt. Die bedeutende Vermehrung des % Kohlensäuregehaltes der Ausathmungsluft beim niederen Barometerstand hat schon Prout gefunden; die Ursache liegt einzig und allein in der Verlangsamung der Athemzüge, welche die Ansammlung der Kohlensäure in der Lungenluft begünstigt..

Kräftige Menschen werden in ihren Gemeingefühlen und sonstigem Befinden sehr wenig berührt von den normalen Luftdruckschwankungen. Reizbare, schwächliche Individuen klagen dagegen bei niederem Barometerstand nicht selten über Eingenommenheit des Kopfes, Schwindel, Mattigkeit u. s. w.

Eine Abhängigkeit der allgemeinen Mortalität von den Luftdrücken wurde vielfach behauptet. Die betreffenden Statistiken sind aber in der Regel so angeordnet, dass die Wirkungen anderweitiger meteorologischer Einflüsse, namentlich der Temperatur, nicht vollständig ausgeschlossen bleiben. Bei hohem Barometerstand ist die Mortalität nach Casper u. A. am grössten; Weber findet (an 75,000 Todesfällen in den Jahren 1852 und 53 in Baden) die Maxima der Mortalität bei sehr hohen sowohl als sehr tiefen Ständen, das Minimum bei mittleren.

C. Wassergehalt der Luft.

717. Variationen der Luftfeuchtigkeit.

Die Atmosphäre enthält bekanntlich immer Wassergas und zwar durchschnittlich um so grössere absolute Mengen, je wärmer sie ist. Trocken heisst die Luft, welche lange nicht soviel Wassergas führt, als sie aufnehmen kann bei ihrer Temperatur; ist aber letzteres der Fall, so heisst die Luft gesättigt. Man hat also die absoluten Wassergasmengen, welche in einem gegebenen Luftvolum enthalten sind, wohl zu unterscheiden von den, physiologisch zunächst allein in Betracht kommenden, Feuchtigkeitsgraden, d. h. dem Verhältniss des vorhandenen Wassergases zu derjenigen Wassermenge, welche die Luft aufnehmen könnte bei ihrer Temperatur.

Die Luft ist am feuchtesten zur Zeit des Sonnenaufganges; mit steigender

Temperatur nimmt die Feuchtigkeit successiv ab; das Maximum der Trockenheit ist in den ersten Nachmittagsstunden erreicht, von wo an die Luft allmälig wieder feuchter wird. — December und Januar sind unsere feuchtesten, Juli und August unsere trockensten Monate (s. 733). Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit beträgt in unserem continentalen Clima einige 70 %.

718. Physiologische Wirkungen.

Die Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre werden, da sie die Stärke der Verdunstung bestimmen (34), für den Organismus von eingreifender Wichtigkeit. Mittlere Werthe der Luftfeuchtigkeit sind für den Organismus im Allgemeinen die zuträglichsten.

Je feuchter die Luft, desto mehr wird (Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt!) die Wasserverdunstung der allgemeinen Bedeckungen und des Athmungsapparates beschränkt, desto stärker aber sondern andererseits die Nieren ab. Die Harnmenge ist bei mittleren Temperaturen, an Tagen durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit, geschweige denn an sehr trockenen Tagen, um etwa $^1/_6$—$^1/_5$ geringer als an feuchten.

In feuchter Luft sind die Gewichtsverluste des Körpers durch die sog. Perspiratio insensibilis, wie Versuche von W. Edwards zeigen, ferner, wegen der geringeren Wasserverdunstung, wahrscheinlich auch die Wärmeverluste gemindert; der Stoffwechsel muss also, vorausgesetzt, dass keine compensatorischen Einrichtungen vorhanden sind, eine gewisse Herabsetzung erfahren. Diese Einflüsse machen sich besonders (vielleicht sogar allein) geltend, wenn man die feuchtwarme Luft mit der trockenwarmen vergleicht. In ersterer ist die Wärmeabgabe am meisten erschwert, was in hohem Grade erschlaffend, namentlich auf das Muskel- und Nervensystem wirkt; die Bewegungen geschehen träger, wir sind geistig viel weniger aufgelegt, Gefühle voller Euphorie sind seltener; das Athmen ist nicht selten mit einer gewissen Beengung verbunden, Schweisse stellen sich häufig ein, der Appetit ist gemindert und die Verdauung und Resorption erfolgen langsamer.

Viele Angaben der Autoren über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit sind offenbar rein erschlossen; es greifen möglicherweis keine unbedeutenden compensatorischen Momente ein, welche den Organismus vor allzu extremen Zuständen bewahren. Consequent fortgesetzte Versuchsreihen über die Gestaltungen der wichtigsten Processe — des mittleren Nahrungsbedürfnisses, der Respiration, Perspiration, Harnes u. s. w. — fehlen noch durchaus. Auch hier scheint die bloss vorübergehende Einwirkung künstlich trockener oder feuchter Luft zum Theil andere physiologische Effekte zu bedingen, als die anhaltende. Lehmann erhielt an kleinen Vögeln und Säugethieren in feuchtwarmer Luft viel höhere Kohlensäurewerthe als in trockenwarmer; z. B. 1 Kilogr. Kaninchen lieferte bei 37 ° C. in trockener Luft 0,45 Grmm, in feuchter dagegen 0,68 Grmm Kohlensäure stündlich. Lehmann leitet die Erscheinung von der im ersten Fall, in Folge der Athembehinderung der Thiere, gesteigerten Frequenz und Tiefe der Athembewegungen ab. Moleschott und Schelske erhielten an Fröschen ebenfalls geringere Kohlensäurewerthe in trockener Luft.

Auf die Gesammtmortalität ist die Luftfeuchtigkeit von entschiedenem Einfluss; doch können die Vergleiche nur bei denselben Temperaturen angestellt werden. In kalter und trockener Luft zeigt die allgemeine Morbilität und Mortalität gewöhnlich ein Maximum.

Der Einfluss der Winde ist ein sehr complexer; es handelt sich besonders um Temperatur, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der bewegten Luft. Vor allem kommt die abkühlende Wirkung der Winde in Betracht. Aus diesen Gründen erscheint uns die windige kälter als die stille Luft. Sie vermehren (vorausgesetzt dass die Luft nicht zu kalt ist) die Perspiration. Diese wichtigen Einflüsse sind noch niemals experimentell consequent verfolgt worden; die apriorische Ableitung kann — gegenüber den auch hier ohne Zweifel vielfach vorhandenen Compensationsmitteln des Organismus — möglicherweis zu sehr fehlerhaften Schlussfolgerungen führen.

D. Licht.

719.

Dieses im Gesammthaushalt der Natur so mächtige Agens übt auf die niedere Thierwelt, vorzugsweise aber auf die Pflanzen ungleich tiefgreifendere Wirkungen aus als auf die höheren Thiere, namentlich die Warmblüter. Die Beziehungen der letzteren zum Licht beschränken sich vorzugsweis auf das Auge, wogegen eine directe Abhängigkeit der vegetativen Processe von der Stärke oder Farbe des Lichts (indirecte Beziehungen wollen wir nicht läugnen) nicht zu bestehen scheint.

Nach Moleschott bilden Frösche mehr Kohlensäure in der Helligkeit als, mögliche Gleichheit der übrigen äusseren Einflüsse vorausgesetzt, im Dunkeln. Die Helligkeit ist von mächtigem Einfluss auf unser Gemüth; an trüben Tagen sind wir weniger heiter, die Zustände vollster körperlicher Euphorie fallen vorzugsweis auf lichthelle Tage. Die ohne Zweifel alsdann stattfindende Steigerung der Lebensthätigkeiten dürfte grossen Theils, wo nicht ausschliesslich, von jenen psychischen Einflüssen abzuleiten sein.

Reine Beobachtungen über die Wirkungen anhaltend geminderter Lichtgrade auf den Menschen gibt es nicht; die Erfahrungen an Gefangenen oder an Insassen lichtarmer Wohnungen u. dergl. sind selbstverständlich nicht verwerthbar für die vorliegende Frage. Es muss somit gänzlich dahingestellt bleiben, wie viel von den, die Constitution beeinträchtigenden Wirkungen jener Aufenthaltsorte: wässrige Blutbeschaffenheit, gedunsenes blasses Aussehen, Herabsetzung der Muskelkraft, der Perspiration und des gesammten Stoffwechsels, etwa auf Rechnung des Lichtmangels zu setzen sei. Die Pigmentablagerung der Haut scheint im letzteren Fall wirklich gemindert zu sein.

XXXII. Periodische Körperzustände.

A. Vorbemerkungen.

720. Periodische Erscheinungen überhaupt.

Alle organischen Thätigkeiten zeigen ein periodisches Verhalten, indem dieselben Erscheinungen, mehr oder weniger regelmässig, nach bestimmten Zeiten wiederkehren. Die Periodicität ist überhaupt ein

generelles Phaenomen in der gesammten Erscheinungswelt; sie findet sich in allen Organismen und, mannigfaltig modificirt, in sämmtlichen, also auch krankhaften Zuständen derselben. Die Thierwelt bietet in der regelmässigen Wiederkehr der Brunst, des Winterschlafes, des Wanderns, der Aenderungen des Gefieders und der Haare u. s. w. naheliegende und auffallende Beispiele in Menge dar. Im kranken Leben treten sogar höchst eigenthümliche Aeusserungen der Periodicität auf, deren unter Umständen strengstens eingehaltene Zeitmaasse (z. B. die Paroxysmen des Wechselfiebers), selbst gar keine Analogieen bieten mit Periodicitäten des normalen Körpers. Wir unterscheiden in Bezug auf die äusseren Formen:

I. *Die Periodicitäten der intermittirenden Erscheinungen.* Die Functionen zeigen nämlich nicht bloss einen Wechsel zwischen Thätigkeit und Ruhe, sondern es ist dieser Wechsel an bestimmte durchschnittliche Zeitmaasse gebunden. Es gibt a) Erscheinungen mit kurzen Intervallen; z. B. alle 4/5 Secunde kehrt ein Herzschlag, alle 5 Secunden ein Athemzug wieder. b) Thätigkeiten mit längeren, selbst sehr langen, Intervallen; z. B. Nahrungsbedürfniss, Fäcalentleerung, Schlaf, Menstruation u. s. w.

II. *Die Periodicitäten der kontinuirlichen Erscheinungen.* Auch die unausgesetzt erfolgenden Thätigkeiten, z. B. die Harnbereitung, können sich nicht auf gleicher Höhe erhalten; Zustände gesteigerter und geminderter Energie wechseln nicht bloss unter einander ab, sondern diese Wechsel geschehen wiederum mit einer gewissen periodischen Regelmässigkeit.

Nach ihren Entstehungsweisen aber unterscheiden wir die periodischen Erscheinungen der Functionen, je nachdem dieselben von *äusseren* oder von *inneren, im Organismus selbst liegenden, Ursachen* abhängen und reden desshalb von der »äusseren« Periodicität im Gegensatz zur »inneren«.

721. Aeussere Periodicität.

Zu den (absolut oder relativ) äussern Ursachen der cyklischen Erscheinungen im Körper gehört 1) die Summe der den Organismus bestimmenden, periodischen Einflüsse der Aussenwelt und 2) die zeitliche Einrichtung der Lebensweise und des Gebrauches unserer Funktionen.

Der Lauf der Erde um die Sonne, sowie die Rotation der Erde um ihre eigene Axe rufen die eingreifendsten Veränderungen auf unserem Planeten hervor und damit regelmässige, mit den Jahres- und Tageszeiten zusammenfallende Modificationen vieler der wichtigsten Lebensbedingungen, z. B. der Lichtstärke, Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. Dem entsprechen bestimmte periodische Veränderungen im Organismus selbst, über deren Vorhandensein, Nothwendigkeit und Deutung keine Zweifel bestehen können.

Dagegen herrscht über die Abhängigkeit des Organismus vom Mond ein alter Streit; die angeführten Thatsachen, welche eine solche beweisen sollen, sind entweder nicht ganz zuverlässig oder sie lassen andere Auffassungen zu. Die

Menstruation kehrt zwar durchschnittlich wieder nach je 28 Tagen, d. h. einem Mondsmonat; aber es gibt zu allen Zeiten, und zwar in gleicher Häufigkeit, menstruirte Weiber. Das streng typische Verhalten der Menstruation ist eine Thatsache, ihr Zusammenfallen mit dem Mondsmonat aber ein reiner Zufall.

Auf die Kritik gewisser medicinischer Erfahrungen, die auf eine irgendwie vermittelte, freilich nur sehr beschränkte, Bestimmbarkeit einzelner Krankheiten durch die Mondphasen hindeuten, kann hier nicht eingegangen werden. Nur sei bemerkt, dass nicht sämmtliche Behauptungen der Art, wie es gewöhnlich geschieht, geradezu für falsch erklärt werden dürfen; wir sträuben uns gegen keine, noch so seltene oder vorerst unbegreifliche Thatsache, nur verlangen wir eine sichere Constatirung derselben.

Die Erwägung, dass alle Erscheinungen des Körpers, die relativ einfachen, ja selbst elementaren, ebenso gut wie die complicirtesten Leistungen oder Zustände des Gesammtorganismus wie z. B. Schlafen und Wachen, ein periodisches Verhalten zeigen und dass dieselben die grössten Verschiedenheiten bieten sowohl in ihrem rhythmischen Ablauf als in ihren absoluten Zeitmaassen (welche letztere meistens mit keinen Phasen bestimmter kosmischer Bewegungen zusammenfallen), schützt vor einseitiger Auffassung der periodischen Phänomene und namentlich einer unmotivirten Zusammenstellung derselben mit gewissen, für den Organismus keine Wendepunkte bietenden, physiologisch also gleichgültigen, Fractionen der astronomischen Zeiten.

Eine zweite Categorie periodischer Erscheinungen hängt von der willkürlichen Gebrauchsweise unserer Organe und Funktionen ab. Viele der letzteren sind von eingreifendem Einfluss auf den Gesammtorganismus; vertheilt man desshalb bei einer regelmässig wiederkehrenden Lebensweise, die Ruhe- und Thätigkeitsperioden der Einzelorgane, z. B. des Verdauungsapparates, der Muskeln u. s. w., auf bestimmmte, genau wiederkehrende Stunden der täglichen Zeit, so muss auch der Organismus entsprechende cyklische Veränderungen bieten.

722. Innere Periodicität.

Viele periodische Erscheinungen lassen sich auf die so eben betrachteten Momente mit Recht zurückführen. Es gibt aber nicht wenige Eigenthümlichkeiten periodischer Phänomene — und diese sind gerade die interessantesten — welche von solchen äusseren, unmittelbaren, naheliegenden, gewissermaassen selbstverständlichen, Ursachen unmöglich können abgeleitet werden. Die wichtigsten hieher gehörigen Thatsachen sind folgende:

1) Die Verdauung, die Muskelthätigkeit u. s. w. steigert direkt den Stoffwechsel; diejenigen Tageszeiten, in welche die genannten Funktionen bei einer irgendwie durchgeführten, aber strenge eingehaltenen Lebensweise fallen, bieten demnach bestimmte, in regelmässigen Periodicitäten wiederkehrende Intensitäten des Stoffwechsels. Nun ist es aber keineswegs gleichgültig, in welche Tageszeiten die Einzelthätigkeiten verlegt werden; die Verdauung z. B. ist Mittags von ganz andern constitutionellen Erscheinungen begleitet als Abends u. s. w. Der Organismus befindet sich also im Verlauf der täglichen Zeit in sehr verschiedenen Stimmungen, welche periodisch wiederkehren und vermöge welcher ein und derselbe äussere Einfluss oder dieselbe innere funktionelle Thätigkeit die Gesammtkonstitution in sehr verschiedener Weise afficiren.

2) Fallen jene äusseren, die Funktionen mächtig verändernden, periodischen

Ursachen weg, so bleiben die entsprechenden Wirkungen zwar grossentheils, aber nicht vollständig aus (s. die Beispiele in 731).

3) Mit zu- oder abnehmender Intensität der äusseren, periodisch auftretenden Ursache wächst und steigt zwar die Wirkung derselben auf den Organismus, doch findet eine genauere Proportionalität zwischen beiden nicht statt. Das Schlafbedürfniss z. B. hängt ab von einer grossen Zahl gekannter und ungekannter, im Verlauf einer gewissen Zeit den Körper umstimmenden Momente; gleichwohl stellt sich der Schlaf in der gewohnten Stunde ein, jene voraufgegangenen Ursachen mögen mit grosser oder mit geringerer Intensität aufgetreten sein, wir mögen den Tag über so oder anders gelebt haben.

Besonders auffallend und für das Walten cyklischer Einflüsse sprechend, ist die bekannte, für den Nachtschlaf, namentlich aber den Schlaf nach der Mittagsmahlzeit geltende Thatsache, dass wir zwar zur gewohnten Zeit schläfrig, jedoch, nachdem diese vorüber ist, wieder munter werden. — Weitere Erscheinungen dieser Categorie s. 734.

723. Grundursachen der Periodicität.

Die im vorigen § angeführten Erscheinungen — und bloss diese bedürfen ja einer Erklärung — hängen unzweifelhaft von tiefer liegenden Ursachen ab. Wir haben die Periodicität zwar ein generelles Phänomen der gesammten Erscheinungswelt genannt, doch unterscheiden sich die cyklischen Ereignisse in der unorganischen Natur wesentlich dadurch, dass sie ausschliesslich von ausser ihnen liegenden Ursachen bestimmt werden, wogegen im Organismus, abgesehen von zahlreichen Einflüssen der ebengenannten Categorie, noch innere, ihm eigenthümliche, periodisch zur Wirkung kommende Ursachen sich geltend machen. Es wurde (in 7) als, wenigstens formeller, Unterschied zwischen dem Organischen und dem Unlebendigen hervorgehoben, dass die im ersteren ablaufenden Thätigkeiten zu einer geschlossenen Phänomenengruppe verbunden seien. Der Organismus hat also eine gewisse Selbstständigkeit gegen Aussen hin, *er bewahrt, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, sein, von inneren Ursachen abhängiges cyklisches Verhalten auch unter mehr oder weniger veränderten Umständen.*

Was sind aber die inneren Gründe dieses cyklischen Verhaltens? Wir können zwar von keiner einzigen derartigen Erscheinung die Nothwendigkeit ihres *speciellen* Periodenmaasses darthun; so ist z. B. die bestimmte Zahl der Herzschläge in einer bestimmten Thierspecies unerklärbar (obschon die durchgreifenden Beziehungen der Pulszahlen zu den übrigen Grunderscheinungen des Kreislaufes in den Warmblütern bekannt sind, s. 174—178), wohl aber lassen sich einige Grundeigenschaften des Organismus aufstellen, aus denen die Nothwendigkeit der Periodicität wenigstens im Allgemeinen abgeleitet werden muss.

I. *Jede Anstrengung bedingt Erschöpfung; auf Perioden erhöhter Leistungen folgen ausnahmslos solche geminderter Leistungen oder der Ruhe.* So oft der zeitliche Ablauf irgend

einer Function messend verfolgt wurde, ist dieses Gesetz von den Experimentatoren bestätigt gefunden worden und zwar nicht bloss in den einfachen, ja selbst elementaren Vorgängen, sondern auch an den complicirten Leistungen einer Gesammtfunction.

II. **Eine längere Zeit eingehaltene cyklische Thätigkeit, also auch eine bestimmte Lebensweise, gibt den Organen und Funktionen eine gewisse dauernde Impression.** Dieses sogenannte Gewohnheitsgesetz hat freilich seine Grenzen; überhaupt sind unsere Gewohnheiten viel weniger arbiträr, sie hängen bei Weitem nicht so einseitig von unserem Belieben und von socialen Ursachen, oder auch von äusseren, tellurischen Einflüssen ab, als es auf den ersten Anblick scheint. So darf z. B. die Periodicität des Schlafes nicht ausschliesslich auf solche Ursachen zurückgeführt werden. Ist auf der einen Seite das Licht des Tages unserem körperlichen und geistigen Thun und Treiben, die Nacht dagegen unserem Bedürfniss nach Ruhe auch äusserlich am förderlichsten, so bietet andererseits der Nachtschlaf eine Reihe von, im Organismus selbst begründeten Vortheilen (s. 696). Wir verlegen also unsere Thätigkeiten instinktmässig in die passendsten Tageszeiten und je mehr das geschieht, desto harmonischer werden die Funktionen und desto normaler gestaltet sich unser Leben. Es begreift sich leicht, dass unter solchen Umständen die cyklischen Körperfunktionen einen in erhöhtem Grade geregelten Gang annehmen müssen.

Diese beiden, gewöhnlich hervorgehobenen Momente geben freilich nur beschränkte Aufschlüsse über unsere Frage. Vor Allem sind exacte und mühsame Versuchsreihen nöthig, in welchen die Wirkungen und *Nachwirkungen* der (willkürlich veränderlichen oder spontan oscillirenden) Funktionen bestimmt werden müssten und zwar 1) in verschiedenen Zeiten der täglichen, jährlichen u. s. w. Periode, sowie 2) bei variabelen Intensitäten und Dauern der Thätigkeiten jener Funktionen. Erst dann wird sich herausstellen, ob, was sehr wahrscheinlich ist, der normale *Gesammtorganismus* noch in anderen regelmässigen Cyklen sich bewegt als in denen der täglichen und der jährlichen Zeit.

B. Tägliche Periode.

724. Körpertemperatur.

Die Schwankungen der Körperwärme im Verlauf der täglichen Zeit betragen etwa $^3/_4$ ° C.; in Kindern und Greisen scheinen dieselben etwas grösser zu sein. Der Körper ist Nachts am niedersten temperirt; die Zeit des Minimums ist noch nicht genau bestimmt, wahrscheinlich tritt dasselbe ziemlich spät nach Mitternacht ein. Der tägliche Gang der Temperaturcurve ist, soweit sich die Angaben der Experimentatoren vereinigen lassen, etwa folgender, wobei ein mässiges Frühstück bald nach dem Aufstehen (etwa um 7 Uhr), der Termin der Hauptmahlzeit zwischen 12 bis höchstens 2, und derjenige der Abendmahlzeit etwa um 8—9 Uhr vorausgesetzt wird. Nach dem Erwachen steigt die Wärme, sie erreicht ein Maximum zwischen 8 bis längstens 10 Uhr Vormittags; von da ab sinkt sie, um früher oder später während der Verdauung

der Mittagsmahlzeit auf ein zweites Maximum, das grösste, zu kommen. Von hier an beginnt wieder ein Sinken, das selbst durch die Abendmahlzeit nicht oder doch nicht erheblich aufgehalten wird. In den Abendstunden von 9—11 ist die Wärme etwa noch um $^1/_{10}$ ° höher als nach dem Erwachen.

Die folgenden Zahlen drücken den Stand der Temperatur und der (minütlichen) Pulsfrequenz über den resp. Werthen in der Morgenstunde von 7—8 Uhr nach Lichtenfels und Fröhlich aus.

Zeit	Pulse	Körperwärme C°.	
8—9	+ 8,0	+ 0,25	Nach dem Frühstück
9—10	7,1	0,40	
10—11	3,3	0,30	
11—12	2,8	0,34	
12—1	0,3	0,40	
1—2	0	0,40	Vor } dem Mittagessen
2—3	7,7	0,35	Nach } dem Mittagessen
3—4	7,3	0,34	
4—5	5,8	0,53	
5—6	2,0	0,42	
6—7	2,5	0,46	Vor } dem Abendcaffee.
7—8	4,6	0,37	Nach } dem Abendcaffee.
8—9	4,8	0,48	
9—10	1,1	0,39	

725. Blutlauf.

Die Pulsfrequenz variirt selbst im Zustande der Ruhe im Verlauf von 24 Stunden um 10 bis 20 Schläge; die niederen Differenzen (und zwar nicht blos absolute, sondern auch relative) bieten kräftige Menschen mit seltenem Puls. Die Curve der Pulsfrequenz zeigt bei regelmässigem Leben Tag für Tag grosse Uebereinstimmungen. Nachts ist der Puls am seltensten, das Minimum fällt wohl in die Zeit zunächst nach Mitternacht. Nach dem Erwachen nimmt die Frequenz zu, etwa um 9 Uhr ist ein Maximum erreicht; von hier an tritt eine Abnahme ein, wogegen auf die Verdauung der Mittagsmahlzeit ein zweites Maximum (bei den meisten Beobachtern der überhaupt höchste Werth) folgt; von da ab sinkt der Puls wieder und selbst die Abendmahlzeit hebt ihn nicht oder nur unbedeutend, wie Guy und viele Andere fanden.

Mit der Pulsfrequenz geht die Menge der im Körper in der Zeiteinheit umgetriebenen Blutmasse wohl mehr oder weniger parallel. Nachts ist die Resorption viel schwächer als am Tag; die Wirkungen der Abendmahlzeit beweisen, dass die letztere langsamer verdaut und resorbirt wird als die Mittagsmahlzeit.

726. Athmen.

Die Perspiration und Respiration sind am Tage viel intensiver als Nachts (s. 699). Unmittelbar nach dem Aufwachen erfahren diese Funktionen eine vorübergehende Steigerung (s. 695). Um 9, oder noch häufiger 10 Uhr, bieten die respiratorischen Thätigkeiten ein Maximum, von da an sinken sie ziemlich rasch und stark; die Verdauung der Hauptmahlzeit hebt dieselben sodann auf das zweite, grösste, Maximum, welchem ein ziemlich regelmässiges Sinken folgt, das wiederum durch die Abendmahlzeit nicht oder doch nur wenig aufgehalten wird.

Nur die Tiefe der Athemzüge macht gewisse Ausnahmen; Tiefe und Frequenz der Athembewegungen stehen überhaupt in einem Antagonismus. Aus einer 15 Monate fortgesetzten, viele 100 Einzelbeobachtungen einschliessenden Versuchsreihe Vierordt's ergeben sich folgende Mittelwerthe: das Mittagessen dauerte von 12^h 30′ bis 1^h, das Abendessen von 8^h 30′ bis 8^h 45′. (Die eingeklammerten Werthe beruhen auf zu wenigen Beobachtungen.)

Stunde	Puls in 1 Minute	Athemzüge in 1 Minute	Volum in Cub. Cent.Met. (reducirt auf + 37° C. und 336 par. Linien Barometerstand): einer Exspiration	der exspirirten Luft in 1 Minute	der exspirirten Kohlensäure in 1 Minute	Kohlensäure in 100 Vol. exspirirter Luft
9—10	73,8	12,1	503	6090	264	4,32
10—11	70,6	11,9	529	6295	282	4,47
11—12	69,6	11,4	534	6155	278	4,51
12—1	69,2	11,5	496	5578	243	4,36
1—2	81,5	12,4	513	6343	276	4,35
2—3	84,4	13,0	516	6799	291	4,27
3—4	82,2	12,3	516	6377	279	4,37
4—5	77,8	12,2	517	6179	265	4,21
5—6	76,2	11,7	521	6096	252	4,13
6—7	75,2	11,6	496	5789	238	4,12
7—8	74,6	11,1	489	5428	229	4,22
8—9	73,3	10,2	(486)	(5346)	(227)	4,17
9—10	72,0	10,7	(487)	(5352)	(258)	4,32

727. Harn.

Die Hauptverschiedenheiten der Harnsecretion am Tag und in der Nacht wurden in 698 erörtert. Was den Gang der Harnbildung in den einzelnen Tageszeiten betrifft (es fehlt übrigens noch sehr an Versuchsreihen, die auf zahlreichen Einzelbestimmungen beruhen), so gelten für die Mehrzahl der untersuchten Harnbestandtheile, sowie für die Secretmengen etwa folgende Normen. Die geringsten

Werthe fallen in die Nacht, grössere in die Morgenstunden. Auch hier scheint bei manchen Bestandtheilen ein erstes Maximum um 8—10 Uhr stattzufinden, mit nachfolgendem stärkerem Abfallen der Curve. Während der Verdauung des Mittagessens steigen die Zahlen bedeutend; das zweite Maximum — das grösste der Tagescurve — wird übrigens erst einige Stunden nach der Mahlzeit erreicht. Von da ab beginnt wieder ein Sinken, das nur durch die Abendmahlzeit etwas aufgehalten werden kann.

Die Harnmenge ist am geringsten Nachts, grösser am Vormittag, sie nimmt zu in den ersten, wieder ab in den späteren Vormittagsstunden; (auch bei ausgesetztem Frühstück scheint ein Maximum in die Stunde von 8—9, nach Andern etwas später, zu fallen; s. die Versuche Ferber's in 259). Die Hauptmahlzeit bedingt ein zweites Steigen und, 2—3 Stunden nach dem Essen, ein Maximum. Das rasche Sinken später wird je nach der Art der Abendmahlzeit modificirt.

Becher beobachtete (jedoch nur in einem Versuchstag) ein allmäliges Sinken des Harnstoffes während der Morgenstunde, ein rasches Steigen zur Zeit der Verdauung der Hauptmahlzeit (Maximum 3—4 Stunden nach dem Essen); dann wieder ein starkes Sinken in den Abendstunden, ein mässiges Steigen nach dem Abendessen und einen Minimalwerth Nachts.

Draper erhielt folgende (wenig differirende!) stündlichen Harnstoffmengen: erste Morgenstunden 1,19 Grmm. — Zwischen 10 und 3 Uhr (Mittagessen) 1,12 — Zwischen 3 und 6 Uhr 1,3 — In den spätern Abendstunden 1,37 — Nacht: 0,97.

Nach Schweig ist die Ausscheidung der Harnsäure am geringsten Nachts; sie zeigt ein erstes Maximum 8—9 Morgens, ein zweites Mittags 3—5 Uhr (2—4 Stunden nach dem Essen). Kaupp's allerdings nur indirekte Erfahrungen sprechen dagegen für höhere Harnsäurewerthe Nachts; auch bietet der Nachtharn bei Weitem die stärkste acide Reaction.

Die Chlormenge ist nach Buchheim gering in den ersten Morgenstunden, 3—6 Stunden nach der Hauptmahlzeit zeigt sie ein Maximum, Abends sinkt sie stark, die Minimalwerthe fallen in die Nacht, und zwar nach Voit (1 Versuchstag) in die ersten Stunden nach Mitternacht. Die Kochsalzausscheidung bietet in der 24stündigen Periode viel grössere Differenzen als die meisten anderen Harnbestandtheile, was vorzugsweis von den Salzzusätzen zur Nahrung abhängt.

Die Schwefelsäure erreicht nach Buchheim etwa 6 Stunden nach der Aufnahme der Hauptmahlzeit den höchsten Werth, dagegen fällt, wie auch Beneke u. A. fanden, das Minimum in die Vormittagsstunden.

Buchheim, der um 12 Uhr zu Mittag ass, bekam folgende Werthe in 3 Versuchstagen:

Stunde	Chlor	Schwefelsäure
6—9	1,05	0,15 Grmm.
9—12	1,55	0,14
12—3 (Mittag)	0,94	0,17
3—6	1,66	0,21
6—9	0,97	0,22
9 Abends — 6 Morgens	1,04	0,52

Die Phosphorsäure bietet (s. auch 698) eine eigenthümlich gestaltete Curve; Mosler fand die geringsten Werthe Vormittags, grössere Nachmittags, ein Maximum Abends (7 bis etwa 11 Uhr), später wieder ein Sinken.

728. Geburtsthätigkeit.

Die Nacht begünstigt in mehrfacher Hinsicht den Geburtsakt. 1) Die Zeit des Beginnes der Wehen fällt viel häufiger in die Nacht als in den Tag. 2) Bei langdauernden Geburten werden die Wehen in den Morgenstunden etwas schwächer, nach Mittag wieder stärker, gegen Abend schwächer, während der Nacht wieder stärker (Kilian). 3) Die Nachtgeburten sind viel häufiger als die Taggeburten. Nach Berlinski's Zusammenstellung der statistischen Ergebnisse aus mehreren Ländern werden von 1000 Kindern geboren:

zwischen 12— 3 Morgens	161	12— 3 Mittags	111
3— 6	137	3— 6	103
6— 9	123	6— 9	124
9—12	110	9—12	131

729. Mortalität.

Auch das kranke Leben bietet vielfache Erscheinungen, welche an den normalen Tagescyclus erinnern. Eine Zusammenstellung verschiedener Statistiken ergab für die 12 Tagesstunden (von 6 Uhr an gerechnet) 52% aller Todesfälle; das Maximum liegt in der Morgenzeit. Die Erscheinung dürfte zurückzuführen sein auf eine Steigerung des localen pathologischen Processes selbst, namentlich aber auf eine, wenn auch nur schwache, Erhöhung des Gesammtstoffwechsels, welche den noch vorhandenen Kräftevorrath rasch verzehrt. Nach Walser vertheilen sich die 21,110 Sterbfälle des württembergischen Amtes Leutkirch der Jahre 1808 bis 1845 folgendermaassen in den Tagesstunden:

Nacht		Morgen		Mittag		Abend	
12—1	746	6—7	1118	12—1	711	6—7	761
1—2	800	7—8	1219	1—2	795	7—8	729
2—3	868	8—9	1109	2—3	896	8—9	757
3—4	946	9—10	1051	3—4	850	9—10	920
4—5	920	10—11	817	4—5	809	10—11	825
5—6	1024	11—12	854	5—6	887	11—12	698

730. Antagonismus der täglichen und nächtlichen Funktionen.

Die Steigerung einer Thätigkeit über das gewöhnliche Maass im Verlauf des Tages bedingt eine deutliche Minderung in der darauf folgenden Nacht; wird dagegen die Funktion am Tage wenig in Anspruch genommen, so zeigt sie Nachts eine relativ bedeutende Höhe. Man hat hier zweierlei Verhältnisse wohl zu unterscheiden.

I) Die Funktionssteigerung oder Minderung geschieht willkürlich, oder allgemein ausgedrückt durch nachweisbare äussere Ursachen. Nach sehr reichlichem Trinken und Harnen während des Tages sinkt die Harnmenge in der kommenden Nacht, eine Nachwirkung, welche sich übrigens auch noch bis in die nächsten Tagesstunden hinein erstrecken kann. Bei wenig bewegtem Leben erfolgen Respiration und Perspiration am Tage mit mässiger, Nachts aber mit absolut und relativ grösserer Intensität; die bewegtere Lebensweise aber führt umgekehrte Verhältnisse herbei, so dass die Ruheperiode der Nacht hier einigermaassen compensirend wirkt. Die Körperverluste durch Lunge und Haut verhielten sich nach A. Volz (in Grammen)

		Eine Tagstunde	Eine Nachtstunde	24stündiger Verlust
Ruhige	Tage	47	40	1079
Bewegtere	Tage	51	35	1100
dto	Tage	54	34	1126

II) Spontan eintretende Funktionsänderungen. Lebt man in einer längeren Versuchsreihe genau auf dieselbe Weise, so zeigen gleichwohl die Funktionen in den Einzeltagen keine unbedeutenden Differenzen ihrer Intensitäten. Diese Erscheinung muss also vorzugsweis von inneren, im Organismus liegenden Ursachen abgeleitet werden. Aber auch jezt noch ist die Tagesperiode von, wenn gleich minder starkem Einfluss auf die kommenden Nachtstunden. Kaupp und Sick bestätigten diese Norm für den Urin. Nehmen die in der Tagesperiode abgesonderten Mengen des Wassers, der festen Bestandtheile, des Harnstoffes und Kochsalzes mässig ab, so steigen durchschnittlich die betreffenden Werthe in der folgenden Nacht; sinken dagegen jene Werthe in den Tagstunden bedeutend, so bieten die Ziffern der Nacht zwar absolut ebenfalls eine Abnahme (in der Regel), relativ aber eine Zunahme.

Harnvolum in C. C. M.					
Kaupp			Sick		
12 Tag-stunden	12 Nacht-stunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe	17 Tag-stunden	7 Nacht-stunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe
1056	458	43	2848	463	16,0
855	470	55	2468	470	19,0
785	474	59	1791	351	19,6

Feste Urinbestandtheile n. Kaupp in Grmm.			Harnstoff nach Kaupp. Grmm.		
12 Tagst.	12 Nachtst.	%	12 Tagst.	12 Nachtst.	%
45,59	28,34	63	19,7	13,9	70
43,03	29,30	68	18,2	14,5	79
39,08	27,38	70	16,8	13,4	80

Chlornatrium nach Kaupp. Grmm.			Phosphorsäure nach Sick in Grmm.		
12 Tagst.	12 Nachtst.	%	17 Tagst.	7 Nachtst.	%
13,3	4,7	35	2,63	0,87	33
11,9	5,4	46	2,16	0,89	41
10,6	4,7	44	1,66	0,91	54

Diese Verhältnisse, wobei die Thätigkeitssteigerungen dem Organismus nicht aufgedrungen wurden, sind verwickelterer Natur als die Erscheinungen unter I. Sinkt eine Thätigkeit während des Tages, so sinkt sie in der kommenden Nacht mindestens nicht so stark als in den vorhergegangenen Tagstunden, sie steigt also relativ in der Nacht. Die Nachwirkungen des Tages auf den 24stündigen Cyclus sind somit auch hier nicht zu verkennen. Für die Phosphorsäure erhielt Sick sogar auch einen absoluten Antagonismus zwischen Tag und Nacht.

731. Unabhängigkeit der täglichen Periodicität von äusseren Einflüssen.

Die Verdauung, der Schlaf und die Muskelthätigkeit bestimmen den täglichen Cyclus der Funktionen am meisten; gleichwohl aber bewahrt der Organismus auch diesen mächtigen Einflüssen gegenüber bis zu einem gewissen Grade sein periodisches Verhalten.

Die Wärme sinkt, allerdings nicht so stark als gewöhnlich, auch wenn wir Nachts wach bleiben und andererseits hat der Schlaf am Tage kein bemerkbares Sinken zur Folge (v. Bärensprung).

Ueber den Einfluss der Nahrungsaufnahme gelten folgende Normen: 1) Das morgendliche Steigen der Körperwärme, namentlich das Maximum um etwa 9 Uhr, darf nicht ausschliesslich vom Frühstück abgeleitet werden, denn auch an Hungertagen erhielten Lichtenfels nnd Fröhlich um diese Zeit eine kleine Temperaturerhebung, die um so bedeutungsvoller wird, als bald darauf die Wärme wieder sinkt.

2) Die Körpertemperatur erfährt in Folge der Verdauung der Hauptmahlzeit eine um so stärkere (und wahrscheinlich auch schnellere) Zunahme, je früher die Zeit ist, in welche die Mahlzeit fällt. Der Essenszeit ungefähr um 1 Uhr entsprach in einigen Versuchen eine Steigerung um 0,3 bis 0,4° (im Vergleich zu dem Stand unmittelbar vor der Nahrungsaufnahme), der Essenszeit um 2 Uhr aber nur ein Wachsthum von 0,13° (Lichtenfels), während die um 5 Uhr abgehaltene Hauptmahlzeit gar keine Steigerung bei J. Davy zur Folge hatte.

3) Fällt die Hauptmahlzeit ganz weg, so zeigen zwar die Funktionen eine merkliche Minderung, doch stellt sich zur Zeit der Maxima wiederum die »gewohnte« Zunahme, freilich in viel geringerem Grade als gewöhnlich ein.

Vierordt liess an 2 Versuchstagen die Mittagsmahlzeit (12^h 30′ — 1^h) wegfallen; die Beobachtung ergab:

Stunde	Puls (in 1 Minute)	Athemzüge (in 1 Minute)	Volum in C. C. M.: einer Exspiration	Volum in C. C. M.: der exspir. Luft (in 1 Minute)	Volum in C. C. M.: der exspir. Kohlensäure (in 1 Minute)	Procentige Kohlensäure
12—1	63	10	545	5450	270	4,69
1—2	64	9	527	4743	242	5,09
2—3	62,5	9,5	575	5479	258	4,73

4) Das Steigen der Körperwärme in den Nachmittagsstunden ist nicht einseitig von der Verdauung abzuleiten. Lichtenfels und Fröhlich erhielten an Hungertagen von 2 Uhr Mittags an wieder eine Zunahme der Wärme und zwischen 4—5 Uhr ein Maximum.

5) Die Verdauung der Abendmahlzeit erhebt die Wärme und den Puls nicht oder doch nicht bedeutend. Dasselbe gilt von den meisten respiratorischen Funktionen (s. die Rubriken 8 und 9 Uhr in der Tabelle des § 726).

6) Mit Unrecht wurde der geringe Eindruck der gewöhnlichen Abendmahlzeit auf die Funktionen des Stoffwechsels durch eine, irgendwie vermittelte, Nachwirkung der Hauptmahlzeit ausschliesslich zu erklären gesucht. Während der Verdauung einer sehr kopiösen Abendmahlzeit am Ende eines Hungertages bieten gleichwohl die meisten Thätigkeiten eine nur mässige Energie (Vierordt).

Der Abend der oben, unter 3, erwähnten 2 Hungertage bot folgende Werthe:

	Puls	Athemzüge	Ausgeathmete Luft	Ausgeathmete Kohlensäure	Procentige Kohlensäure
Vor 1 ½ Stunden dem Abendessen	64,5	11	5522	254	4,61
1 ½ Stunden nach dem Abendessen	66	10,5	5405	272	5,00

7) An normalen Tauben fand Chossat eine Differenz zwischen Tagmaximum und Nachtminimum von etwa ¾° C., an verhungernden aber (neben bedeutendem Sinken der Wärme überhaupt) eine solche von 3°! Bidder und Schmidt dagegen erhielten an einer verhungernden Katze eine Differenz von 1° C., also einen nur wenig höheren Werth als in der Norm. Wie dem auch sei, der Temperaturcyclus besteht selbst dann fort, wenn die Verdauung vollständig und anhaltend ausfällt.

C. Mehrtägige Perioden.

732.

Wird die Harnmenge durch vieles Getränk stark vermehrt, so sinkt sie am anderen Tage um so tiefer, nach A. Volz sogar unter die Quantität des genossenen Getränkes. Aehnliche Nachwirkungen kehren in anderen Funktionen wieder.

Aber auch abgesehen von solchen, durch äussere Veranlassungen bedingten Erscheinungen lässt sich ein Alterniren in den Intensitäten der Phänomene einen Tag um den anderen häufig nicht verkennen. Wird während einer lange fortgesetzten Versuchsreihe Tag für Tag dieselbe Lebensweise beibehalten, so wechseln oft in längerer Folge Tage mit höheren und niederen Harnmengen mit einander ab. In einer 32tägigen Versuchsreihe von Bischoff und Voit an einem Hunde kommen sogar nur 4 Ausnahmen vor. Dieser Typus, der auch für den Harnstoff wiederkehrt (Kaupp), ist sehr viel häufiger, als sich nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung erwarten lässt, die Erscheinung muss also einen tieferen organischen Grund haben. Auch beim Athmen scheint sie sich geltend zu machen. Sie dürfte wohl etwas reiner hervortreten, wenn man die Wirkungen unvermeidbarer äusserer Einflüsse, z. B. der Lufttemperatur, in Rechnung bringen würde.

Eine nähere Prüfung des Ganges der normalen Funktionen wird ohne Zweifel zur Constatirung bestimmter, mehrere Tage einschliessender Cyclen führen. Schon die Erscheinungen des pathologischen dreitägigen, viertägigen, vor allem aber des (seltenen aber unläugbar vorhandenen) siebentägigen Rhythmus und der so merkwürdigen Multipla des letztern, wohin auch die Menstruation gehört, deuten darauf hin. Auf diese Verhältnisse, sowie auf die sonstigen, bisher gemachten Versuche, mehrtägige Rhythmen im normalen Leben an verschiedenen Funktionen aufzuweisen, kann hier nicht eingegangen werden.

D. Jährliche Periode.

733. Aeussere Bestimmungsglieder.

Die Jahreszeiten üben auf den Organismus, direkt und indirekt, ebenso mannigfaltige als tiefgreifende Wirkungen aus. Unter den ersteren sind bei weitem die wichtigsten die atmosphärischen Einflüsse, vor Allem die Lufttemperatur. Nicht wenige Erscheinungen des gesunden und kranken Lebens, z. B. die Intensitäten des Stoffwechsels, der Wärmeproduktion, der Gesammtmortalität, folgen in ihrem jährlichen Ablauf mehr oder weniger dem Gang der Temperaturcurve. Als indirekte Bestimmungsglieder sind vorzugsweis die mit den Jahreszeiten wechselnden Nahrungs- und Beschäftigungsweisen zu nennen; doch stehen dieselben hinter den atmosphärischen Agentien bedeutend zurück.

Die Verrichtungen gehen überhaupt am Besten von Statten, wenn sie einem, innerhalb gewisser Grenzen sich bewegenden, jedoch nicht zu jähen, Wechsel unterworfen sind. Dadurch wird der Wechsel der Jahreszeiten, wie er in der gemässigten Zone erfolgt, von tiefgreifender, unser körperliches und geistiges Leben vorzugsweis fördernder Bedeutung. Das Tropenclima macht schon vermöge seiner grösseren Constanz, abgesehen von vielen sonstigen Ursachen, den Menschen nicht blos gegen die Natur, sondern auch gegen vieles Andere gleichgültiger und unempfänglicher.

Die wichtigsten meteorologischen Einflüsse bieten in Mitteleuropa folgende durchschnittlichen Intensitätswerthe in den einzelnen Monaten des Jahres.

	Temperatur in R°.	Durchschnittliche Differenz zwischen dem Minimum und Maximum der Temperatur desselb. Tages	Barometerhöhe in Millim.	Luftfeuchtigkeit in %
Ort:	Frankfurt	Halle	Halle	Halle
Jan.	— 0,24°	1,89°	754,64	85,0
Febr.	2,08	3,38	753,44	79,9
März	4,24	4,04	751,62	76,4
Apr.	7,60	6,32	750,98	71,4
Mai	11,44	7,47	752,57	69,1
Juni	14,00	7,40	752,70	69,7
Juli	15,14	7,36	753,27	66,5
Aug.	14,99	7,14	752,18	66,1
Sept.	12,18	6,42	753,42	72,8
Oct.	7,66	5,42	755,55	78,9
Nov.	3,98	2,76	753,27	85,3
Dec.	1,00	1,67	754,10	86,2

734. Innere Bestimmungsglieder.

Die im vorigen § erwähnten, mit den Jahreszeiten cyklisch wechselnden, äusseren Einflüsse kommen nicht blos hinsichtlich ihrer unmittelbaren Wirkungen in Betracht; es handelt sich z. B. in einem bestimmten Zeitpunkt des Sommers nicht ausschliesslich um die augenblickliche Temperatur, Luftfeuchtigkeit u. s. w., sondern auch (s. analoge Verhältnisse der täglichen Zeit in 730) um die Impressionen, welche der Organismus durch die voraufgegangenen meteorologischen und sonstigen Einflüsse empfangen hat. Im Sommer z. B. bildet der Körper nicht nur weniger Wärme, sondern es wird auch allmälig seine Fähigkeit der Wärmeproduktion etwas beeinträchtigt; desshalb ist die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte geringer im Herbst als im Frühling und eine Temperatur, die uns in letzterer Jahreszeit warm vorkommt, erscheint uns kalt in ersterer (W. Edwards).

Je nach dem Grad, der Dauer, Gleichmässigkeit u. s. w. dieser Einflüsse wird der Körper in Stimmungen versetzt, welche die Gestaltung seiner Funktionen und deren Reactionsweise gegen äussere Agentien in den einzelnen Jahreszeiten beeinflussen und die namentlich auch für die pathologische Aetiologie von grosser Wichtigkeit sind. Zahlreiche anderweitige Thatsachen sprechen für die Existenz cyklisch auftretender Körperstimmungen, die aber keineswegs als Nachwirkungen voraufgegangener äusserer Einflüsse aufgefasst werden können, sondern als Beispiele von periodisch mit den Jahreszeiten zur Wirksamkeit gelangenden, von den letzteren aber an sich unabhängigen, im Organismus selbst liegenden Ursachen, die freilich keine nähere Analyse zulassen. So sind, um nur Einiges anzuführen, die cyklischen Veränderungen des Organismus während der Jahreszeiten von dem speciellen Charakter eines bestimmten Jahrganges theilweis, unter Umständen selbst in hohem Grade, unabhängig. Die Brunst z. B. tritt in vielen Thieren im Frühjahr in derselben Zeit ein, der Winter mag warm oder kalt gewesen sein. Ein kühler Sommer bedingt ein Verhalten unseres Stoffwechsels, Erscheinungen der Morbilität u. s. w., welche von dem Verhalten im gewöhnlichen Sommer zwar abweichen, jedoch nicht in dem Grade, als man nach den gänzlich veränderten meteorologischen Zuständen erwarten möchte. Im Frühling bietet der Stoffwechsel eine Beschleunigung, überhaupt unser ganzes Befinden Veränderungen, die in äusseren Momenten wenigstens nicht ausschliesslich ihre Erklärung finden können. Möglicherweis sind hereditäre Einflüsse hier in erster Linie maassgebend. Durch eine lange Reihe von Generationen dürfte sich ein bestimmter, den Jahreszeiten der Gegend entsprechender, Typus der cyclischen Funktionirungen ausgebildet haben und zwar um so mehr, als besonders diejenigen Individuen zur Fortpflanzung beitragen, welche dem gegebenen Clima gegenüber die grösstmöglichste Accommodationsfähigkeit besitzen (C. Darwin).

Was die Gestaltung der einzelnen Funktionen im Verlauf des Jahres betrifft, so muss auf die betreffenden Paragraphen des Abschnittes XXXI verwiesen werden; wir haben hier nur noch wenige Specialerscheinungen zu erörtern.

735. Generative Thätigkeiten.

Die Zeugung zeigt in der ganzen organischen Welt ein in hohem Grade periodisches Verhalten. Bei jeder Thierart ist die Brunst auf eine bestimmte Jahreszeit beschränkt, selten auf mehrere. Auch hat die Dauer der Brunst ihre inneren organischen Ursachen; bei den Schafen z. B. ist sie sehr kurz und nach ihrer Beendigung lässt das Weibchen den Widder nicht mehr zu, es mag befruchtet sein oder nicht. Es giebt zwar zu jeder Jahreszeit trächtige Thiere, doch ist das Frühjahr in vielen Genera die begünstigte Jahreszeit.

Auch auf die menschlichen Geburten äussern die Jahreszeiten einen grossen Einfluss (Villermé). Die Geburtenzahlen bieten im Verlauf des Jahres eine erste Zunahme im Winter (Januar bis März oder April), eine zweite, kleinere zu Anfang des Herbstes. Die meisten Conceptionen erfolgen also 1) in den Monaten April — Juni und 2) im December; die wenigsten 1) vom September bis November und 2) zu Ende des Winters. Das zweite kleinere, Maximum im December hängt wohl von socialen Momenten ab, während das erste Maximum offenbar in organischen Ursachen begründet ist. Es wird somit im Frühling sowohl der Frau eine grössere Conceptionsfähigkeit, als auch dem Mann eine erhöhte Zeugungskraft zukommen.

12,000 Geburten vertheilen sich in den einzelnen Monaten (die letzteren durchgehends zu 30 Tagen gerechnet) folgendermaassen:

Monate der Geburten	Sardinien 1828—1837	Belgien 1840—1849	Holland 1840—1849	Schweden 1851—1855	Monate der Conception.
Januar	1016	1065	1094	1013	April
Februar	1101	1157	1155	1046	Mai
März	1100	1150	1128	1056	Juni
April	1078	1078	1016	1006	Juli
Mai	989	1002	921	982	Aug.
Juni	895	945	855	960	Sept.
Juli	943	903	848	922	Oct.
August	944	920	950	912	Nov.
September	1004	956	1025	1116	Dec.
October	1010	934	1000	1033	Jan.
November	984	931	991	975	Febr.
December	936	959	1017	979	März
Mittel:	1000	1000	1000	1000	

736. Mortalität.

In Europa ist die Mortalität hoch in der kalten, nieder in der warmen Jahreszeit. Die Vergleichung des Ganges der Sterblichkeit und der mittleren Lufttemperatur in den einzelnen Monaten des Jahres führt zur Annahme eines

grossen Abhängigkeitsverhältnisses des Sterbens von der Luftwärme. Ein strenger Parallelismus beider Curven findet allerdings nicht statt und es müssen noch andere Factoren, von jedenfalls viel untergeordneterer Bedeutung, auf die wir aber nicht eingehen können, als wirksam anerkannt werden. Das Maximum des Sterbens fällt in manchen Ländern erst in das Ende des Winters. Es ist somit eine auch physiologisch bedeutungsvolle Thatsache, dass diejenigen Jahreszeiten, in welchen die meisten Körperfunktionen gesteigert sind, auch eine höhere Mortalität bedingen (analoge Verhältnisse des täglichen Cyclus s. 729).

Von 12,000 Sterbfällen des Jahres, die Monate gleich lang angenommen, kommen auf:

	Bayern 1844—1851	Sachsen 1847—1849	Holland 1840—1849	Dänemark 1845—1854
Jan.	1143	1153	1191	1084
Febr.	1243	1030	1094	1114
März	1278	1051	1097	1179
Apr.	1186	1066	1020	1179
Mai	908	1041	947	1128
Juni	846	918	941	965
Juli	828	876	917	971
Aug.	955	975	954	882
Sept	880	976	992	891
Oct.	879	924	908	828
Nov.	919	985	918	909
Dec.	935	1005	1020	980

737. Widerstandskraft gegen die Jahreszeiten.

Die höheren Thiere sind von den Jahreszeiten bekanntlich viel weniger abhängig als die niederen. Das Menschengeschlecht aber hat sich, vermöge der zahlreichen Hülfsmittel, die ihm sein Culturzustand bietet, von den Jahreszeiten verhältnissmässig am meisten unabhängig gemacht. Gleichwohl bewegt sich diese Widerstandskraft innerhalb engerer Grenzen, als man von vorneherein erwarten möchte. So zeigt z. B. die Mortalität im Ablauf des Jahres bei der städtischen Bevölkerung eine nur wenig geringere Abhängigkeit von der Lufttemperatur, als bei der ländlichen Bevölkerung (Quetelet), obschon die erstere in viel höherem Grad gegen direkte Witterungseinflüsse sich zu schützen im Stande ist. In kräftigen Organismen ist die Widerstandskraft sehr viel grösser, als in schwächlichen; desshalb zeigen Kinder in der ersten Lebenszeit, Greise, sowie Kranke überhaupt, die verhältnissmässig grösste Abhängigkeit von den Einflüssen der Jahreszeiten.

Register.

Druckfehler und Verbesserungen.

§ 14, Zeile 4 von oben, statt »während« lies »als«.
§ 14, Zeile 5 von oben lies »wird es nicht vollständig niedergeschlagen, sondern« u. s. w.
§ 35, Zeile 9 von oben, statt »Beruhigung« lies »Berührung«.
§ 38, Zeile 17 von unten, statt »Höhen-Temperatur« lies »höhere Temperatur«.
§ 39, Zeile 7 von unten, statt »ab« lies »schnell ab«.
§ 39, Zeile 6 von unten, statt »Geschwindigkeit» lies »Geschwindigkeitsänderung«.
§ 39, Zeile 6 von unten, nach »konstant« schalte ein »so zwar, dass die Geschwindigkeit wieder wächst bei einigen Salzen, Salpeter z. B., während sie bei andern (Kochsalz) immer mehr abnimmt«.
§ 73, Zeile 9 von oben, statt »andere« lies »vordere«.
§ 92, Zeile 1, statt »verkürzt« lies »verlängert«.
§ 95, Zeile 8 von unten, statt »verrichtet« lies »vernichtet«.
§ 104, letzte Zeile, statt »wie« lies »von«.
§ 142, Zeile 14 von oben, statt »Graden« lies »Geraden«.
§ 150, Zeile 8 von unten, statt »Vorkammer« lies »Kammer«.
§ 200, Zeile 2 von oben, statt »Eiweiss« lies »Faserstoff«.
§ 234, Zeile 3 von unten, statt »Alle« lies »Diese«.
§ 251, Zeile 2 von unten, statt »fertige« lies »farbige«.
§ 259, die Anmerkung (5 Zeilen) unmittelbar unter der Tabelle ist zu streichen.
§ 263, Zeile 9 von oben, statt »Meistens« lies »Ausserdem«.
§ 265, Zeile 37 von oben, statt »Mengen« lies »Mengen Harnstoff«.
§ 265, Tabelle, Columne 9—10, statt 6,716 lies 0,716.
§ 266, Zeile 5 von unten, statt »60%« lies »30%«.
§ 274, Zeile 17 von unten, statt »Weise« lies »Lebensweise«.
§ 283, Tabelle, Rubrik Kohlenstoff, statt 183,18 lies 146,82.
§ 299, Zeile 2 von unten, statt »gleichzeitigen« lies gleichseitigen«.
§ 331, Zeile 4 von oben, statt »+ 10°« lies »0° ja selbst + 6°«.
§ 333, Zeile 14 von oben, statt »Haut« lies »Stirn«.
§ 337, Zeile 4 von unten, statt »Verdauung« lies »Verdichtung«.
§ 339, Zeile 8 von oben, statt III lies I.
§ 347, Zeile 10, statt 512 lies 256.
§ 350, Zeile 4 von unten, statt »irgend eines Vocales« lies »des Vocaltimbres *u* (s. 352)«.
§ 354, Zeile 17 von oben, statt »Octavverhältniss« lies »in den genannten Verhältnissen«.
§ 375, Zeile 9 von oben, statt »ss« lies »rs«.
§ 375, Zeile 21 von oben, statt »25« lies »52«.
§ 415, Zeile 10 von unten, statt »der« lies »des«.
§ 463, Zeile 3 von unten, statt »nämlich« lies »namentlich«.
§ 476, pag. 13 von oben, füge bei: »Die Orgelröhren bieten, da man von ihnen nur einen Ton (den Grundton) benützt, die einfachsten Verhältnisse; die Töne werden bekanntlich um so höher, je kürzer die Röhren sind, und zwar verhalten sich die Röhrenlängen verkehrt proportional der Schwingungszahlen«.
§ 476, pg. 15 von oben, nach „geben" schalte ein »wenn man einen tönenden Körper vor ihre Oeffnung bringt, durch Mitschwingung«.
§ 493, Zeile 4 von unten, statt »des Kehlkopfknorpels« lies »der Kehlkopfknorpel«.
§ 518, Zeile 3 von oben, statt »100 000« lies »300 000«.
§ 529, Tabelle, statt »der Pfanne« lies »beider Pfannen«.
§ 539, Figurenerklärung: c Chorda dorsalis.
§ 619, Zeile 2 von oben, lies »Hirnhöhlen«.
§ 665, letzte Tabelle, Rubrik Alter, statt »53« lies »63«.

Ferner erschien:

Spiess, Dr. G. A., pathologische Physiologie. Grundzüge der gesammten Krankheitslehre. Im Zusammenhange dargestellt. 8°. (XXII. 1129 S.) 1857. Neue Ausg. in 3 Lief. à Lief. 1 Thlr. 10 Sgr.

Inhalt und Anordnung ergeben sich aus Nachfolgendem:
Das Werk zerfällt in drei Abtheilungen:

I. Die Phänomenologie der Krankheit,
II. Die Aetiologie und
III. Die Nosologie.

Die beiden ersten behandeln die einzelnen Elemente der Krankheiten, die Krankheitserscheinungen, sowie die mannichfachen Bedingungen der Erkrankungen, während in der dritten, der Nosologie, die allgemeinen Gesetze aufzustellen gesucht wird, die sich in Betreff des Erkrankens aus den empirischen Thatsachen der beiden ersten Abtheilungen ergeben.

Die Phänomenologie schildert mit steter Rücksicht auf das physiologische Verhalten die krankhaften Störungen, die

1) im Bereiche der Empfindung und der psychischen Thätigkeiten,
2) im Bereiche der Bewegungsthätigkeiten, und
3) im Bereiche der Ernährungsthätigkeiten vorkommen.

Die Aetiologie zerfällt ebenfalls in drei Unterabtheilungen, indem sie

1) die Form- und Mischungsveränderungen des Körpers als Ursachen krankhafter Lebensstörungen betrachtet und somit der allgemeinen pathologischen Anatomie die ihr zunächst gebührende Stelle in dem System der Medicin anweist,
2) über die Lebensthätigkeiten selbst als Ursachen krankhafter Lebensstörungen schildert, und
3) die der Aussenwelt angehörigen Krankheitsursachen in ihrer Einwirkung auf den lebenden Organismus untersucht.

Die Nosologie endlich handelt

1) von dem Begriff, Wesen und dem allgemeinen Verhalten der Krankheit überhaupt,
2) von den Krankheitsursachen im Allgemeinen, von den Krankheitsanlagen und den allgemeinen Gesetzen des Erkrankens, und schildert
3) die allgemeine Erscheinungsweise der Krankheiten, die zeitlichen und räumlichen Verhältnisse derselben, den Krankheitsverlauf überhaupt, den Typus und Rhythmus der Krankheiten, deren endemisches und epidemisches Vorkommen u. s. w.

Den Schluss bildet eine gedrängte Darstellung der Entwickelungsgeschichte der medicinischen Theorieen bis auf unsere Zeit.

Valentin, Prof. Dr. G. A., die kunstgerechte Entfernung der Eingeweide des menschlichen Körpers. Ein Leitfaden für wissenschaftliche Leichenöffnungen. Preis 15 Ngr.

Valentin, G., Professor in Bern, die Einflüsse der Vaguslähmung auf die Lungen und die Hautausdünstungen. Mit 3 die gebrauchten Vorrichtungen erläuternden Holzstichen und der Darstellung von 16 Athmungscurven. 8°. (VI. 157 S.) 1857. geh. Preis 1 Thlr. 15 Sgr.

Vierordt, Prof. Dr. in Tübingen, die Stromgeschwindigkeit des Blutes. Preis ca. 2 Thlr.

Virchow, Prof. Dr. R., gesammelte Abhandlungen zur wissenschaftlichen Medicin. Mit 3 Tafeln und 45 Holzschnitten. 8°. (X. 1024 S.) geh. Preis 5 Thlr. 15 Sgr.

Diese Sammlung medicinischer Abhandlungen umfasst eine Reihe von Specialarbeiten, deren Kenntniss für die Auffassung der mehr allgemeinen Arbeiten des Herrn Verfassers, wie sie namentlich in dem von ihm herausgegebenen Handbuche der Spec. Pathol. und Therap. enthalten sind, durchaus nothwendig ist. Es findet sich darin die Grundlage der Anschauung, sowie die eigentliche Beweisführung für die allgemeinen Sätze, welche der Herr Verfasser in die Medicin einzuführen bestrebt ist, und das Publikum übersieht hier im Zusammenhange den Entwickelungsgang, den derselbe in seinen Forschungen genommen hat. Die Sammlung enthält zum Theil frühere, schon veröffentlichte Arbeiten, welche jedoch in einer Reihe schwer zugänglicher Zeit- und Gesellschaftsschriften zerstreut sind. Manche dieser Zeitschriften haben seitdem aufgehört und sind selbst auf antiquarischem Wege schwer zu erlangen. **Ausgeschlossen sind, mit einer einzigen Ausnahme, die Abhandlungen, welche der Herr Verfasser in dem von ihm herausgegebenen Archiv für path. Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin publicirt hat.** Dagegen sind die früheren Abhandlungen mit zahlreichen Noten versehen, in denen die neueren Forschungen berücksichtigt und genauere Ausführungen einzelner Sätze enthalten sind, und es sind ausserdem für die wichtigeren Punkte Illustrationen beigefügt, die in zahlreichen Holzschnitten, sowie in mehreren colorirten und schwarzen Tafeln bestehen. Ausserdem hat der Herr Verfasser aber zu jedem Abschnitte noch neue Capitel hinzugefügt, indem er einzelne Arbeiten, z. B. die wichtige Abhandlung über **die Verstopfung der Lungenarterie**, welche früher nicht ganz vollendet war, zum Abschlusse brachte, bei anderen das Resultat seiner weiteren Untersuchungen übersichtlich zusammenfasste, endlich zu einigen vollständig neue Zusätze machte, so dass schliesslich der bei weitem grössere Theil des Werkes aus **ganz neuen Arbeiten** besteht.
